

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Univerzitní studijní programy

**Ethanol 85 pro spalovací motory - principy,
prostředky a analýza**

Ethanol 85 for Combustion Motors - Principles,
Tools and Analysis

Zadání diplomové práce

Student:

Bc. Radim Miksa

Studijní program:

N3943 Mechatronika

Studijní obor:

3906T007 Automobilová elektronika

Téma:

Ethanol 85 pro spalovací motory - principy, prostředky a analýza
Ethanol 85 for Combustion Motors - Principles, Tools and Analysis

Zásady pro vypracování:

1. Zpracujte rešerši koncepčních řešení a funkčních vlastností systémů pro úpravu dávkování paliva u motoru se spalováním Ethanolu 85.
2. Proveďte praktickou analýzu u vozidel s/bez systému pro úpravu dávkování paliva. Za tímto účelem využijte válcovou výkonovou zkušebnu a analyzátor výfukových plynů.
3. Na základě dosažených výsledků vypracujte pasáž vyjadřující se podrobně k výhodám a nevýhodám spalování Ethanolu 85. Učiňte jednoznačná a přesná doporučení.

Seznam doporučené odborné literatury:

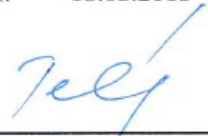
VLK, F.: Elektronické systémy motorových vozidel 1, 2. Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, Brno 2002, ISBN 80-238-7282-6
VLK, F.: Elektrická zařízení motorových vozidel. Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, Brno 2005, ISBN 80-239-3718-9
ŠTĚRBA, P.: Elektrotechnika a elektronika automobilů. Computer press, Praha, 2004
ERJAVEC, J.: Automotive Technology: A Systems Approach, 4th Edition, USA 2004, Thomson Learning, 1401 str., ISBN 1-4018-4831-1
RIBBENS, B., W.: Understanding Automotive Electronics, Sixth Edition, USA 2003, Elsevier Science, 480 str., ISBN 0-7506-7599-3
BOSCH technické brožury, žluté sešity 1996-2012

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **Ing. Petr Šimoník, Ph.D.**

Datum zadání: 16.11.2012

Datum odevzdání: 15.05.2013


doc. Ing. Petr Pálacký, Ph.D.
vedoucí katedry




prof. Ing. Petr Noskovič, CSc.
prorektor pro studium

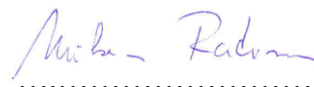
Prohlášení

„Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.“

Prohlašuji, že:

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB - TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB - TUO k prezenčnímu nahlédnutí a údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB - TUO.
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 15. 5. 2013



Bc. Radim Miksa

Poděkování

Především bych chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce Ing. Petru Šimoníkovi, Ph.D. za cenné rady, odborné vedení a hlavně za čas, který mi věnoval.

Abstrakt

Tato diplomová práce je zaměřena na téma Ethanol E85. Zabývá se alternativním palivem a jeho použitím pro moderní spalovací motory s ohledem na výkon, emisní normy a životní prostředí. Úvodní část je věnována teoretické rešerši, která popisuje alternativní biopaliva. Další část se zabývá koncepčním řešením a vlastnostmi systémů pro úpravu dávkování paliva. Praktická analýza se věnuje měřením emisních složek a výkonu. V závěru práce je vyhodnocení výhod a nevýhod ethanolu ve spalovacích motorech.

Klíčová slova

Alternativní paliva, biomasa, ethanol, E85, FFV, lambda regulace, emise

Abstract

The thesis is focused on the theme Ethanol E85. It deals with the alternative fuel and its usage in modern internal combustion engines with regard to the power, issuing standards and environment. The introductory part pays attention to the theoretical research that describes alternative bio fuels. The next part shows the conceptual solving and the qualities of the systems for modification of fuel dosage. The practical analysis pays attention to the measurements of the issuing components and the power. In the conclusion there is given the assessment of pros and cons of ethanol usage in the internal combustion engines.

Keywords

Alternative fuel, biomass, ethanol, E 85, FFV, lambda regulation, emission

Seznam použitých symbolů a zkratek

BA	automobilový benzín
CČ	cetanové číslo
CO	oxid uhelnatý
CO ₂	oxid uhličitý
ECU	Electronic Control Unit – elektronická řídicí jednotka
EŘO	etyléster řepkového oleje při použití ethanolu
ETBE	(ethyl tert-butyl ether) – palivo vyráběné na bázi ethanolu a izobutenu
E5	směs paliva tvořená z 5 procent bioethanolu a 95 procent benzínu
E85	směs paliva tvořená z 85 procent bioethanolu a 15 procent benzínu
E95	směs paliva tvořená z 95 procent bioethanolu a 5 procent aditiv
FAME	(fatty acid methyl ester) - bionafta
FFV	Flexible Fuel Vehicle
HC	nespálené uhlovodíky
NO _x	oxidy dusíku
N ₂	dusík
N95	bezolovnatý automobilový benzín
MEŘO	metylester řepkového oleje při použití methanolu
MTBE	(metyl-tercio-butyl-éter) – palivo vyráběné na bázi biomethanolu
OČ	oktanové číslo
O ₂	kyslík
SO ₂	oxid siřičitý
λ	lambda [-]

OBSAH

ÚVOD.....	8
1 VÝVOJ AUTOMOBILOVÝCH MOTORŮ A PALIV	9
2 ALTERNATIVNÍ PALIVA PRO SPALOVACÍ MOTORY	10
2.1 GENERACE BIOPALIV	11
2.2 DRUHY ALKOHOLOVÝCH PALIV	13
2.3 VÝROBA BIOETHANOLU	17
2.4 VÝVOJ BIOETHANOLU	20
3 EMISNÍ NORMY	22
3.1 EMISNÍ NORMA EURO	22
3.2 SLOŽKY VÝFUKOVÝCH PLYNŮ	24
4 APLIKACE ETHANOLU V AUTOMOBILECH	27
4.1 APLIKACE V ZÁŽEHOVÝCH MOTORECH.....	27
4.2 APLIKACE VE VZNĚTOVÝCH MOTORECH.....	28
4.3 FLEXIFUEL AUTOMOBILY	28
5 PRAKTICKÁ ANALÝZA S PALIVEM E85 A N95	30
5.1 ÚPRAVA VOZIDEL NA E85	31
5.2 JEDNOTKY PRO PŘESTAVBU NA E85	31
5.3 MĚŘENÍ PARAMETRŮ PŘÍDAVNÉ JEDNOTKY	33
5.4 INSTALACE PŘÍDAVNÉ JEDNOTKY DO VOZIDLA.....	36
5.5 NASTAVENÍ PARAMETRŮ V PŘÍDAVNÉ JEDNOTCE	40
5.6 MĚŘENÍ DÉLKY VSTŘIKOVANÉHO PALIVA	42
5.7 PŘEKROČENÍ MEZE REGULACE	43
5.8 MĚŘENÍ EMISÍ VÝFUKOVÝCH PLYNŮ	44
5.9 MĚŘENÍ VÝKONU A KROUTICÍHO MOMENTU	50
6 VÝHODY A NEVÝHODY E85	52
6.1 VÝHODY.....	52
6.2 NEVÝHODY	52
ZÁVĚR	53
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ	54
SEZNAM OBRÁZKŮ	56
SEZNAM TABULEK.....	57
SEZNAM GRAFŮ	58

Úvod

Vzhledem k neustálému růstu počtu motorových vozidel na území České republiky i na celém světě je nutné se zabývat otázkou, která paliva se v budoucnu budou používat pro pohon spalovacích motorů.

Již řadu let se používají pro pohon spalovacích motorů převážně fosilní zdroje energie (ropa, zemní plyn, atd.). Používání těchto paliv není nevyčerpatelné. Prognózy o zásobách ropy jsou různé, ale je jasné že může jednou dojít k jejímu vyčerpání. Jistou alternativou mohou být právě paliva vyrobená z tzv. obnovitelných zdrojů například biomasa a jiné, které se obnovují oproti fosilním palivům v poměrně krátkém čase.

V dnešní době se výrobci motorových vozidel snaží nejen snížit spotřebu paliva a zvýšit výkon spalovacích motorů, ale pomocí různých moderních technických systémů umístěných ve vozidle (zvyšování tlaku vstřikovaného paliva, přímé vstřikování paliva, filtry pevných částic, katalyzátory, lambda regulace a další.) snížit množství škodlivin, které spalovací motor produkuje. Vzhledem ke stále se zpřísňujícím emisním normám a vzrůstajícímu počtu motorových vozidel hrozí doba, kdy tyto technické možnosti nebudou vzhledem k budoucím přísnějším normám dostatečné. Také z tohoto důvodu je nutné hledat alternativu k fosilním palivům.

Důležitou otázkou dnešní doby vzhledem k životnímu prostředí je produkce škodlivin, a také CO_2 . K znečišťování ovzduší, vedle průmyslové produkce, přispívá významnou měrou také automobilová doprava. Při spalování fosilních paliv se zvyšuje koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře. Oproti tomu při spalování biopaliv vzniká oxid uhličitý, který se spotřebovává při pěstování biologického materiálu, jenž je surovinou pro jejich výrobu.

V posledních letech trendy na trhu naznačují zvýšení produkce a spotřeby biopaliv ve světě. K možným využitelným biopalivům patří hlavně bionafta, bioalkoholy, produkty z nich vyrobené a také bioplyn. Česká republika má také možnosti pro výrobu domácích biopaliv (bioethanolu) respektive metylesteru řepkového oleje (bionafty).

1 Vývoj automobilových motorů a paliv

Vývoj a používání spalovacích motorů probíhá více než 150 let a s tím souvisí i spotřeba především fosilních paliv.

Spalovací motor je stroj, který spaluje palivo uvnitř motoru. Převádí uvolněnou tepelnou energii na energii mechanickou pro pohon dalších součástí a zařízení. Podle způsobu zapálení směsi dělíme spalovací motory na zážehové a vznětové. Zážehové motory ve srovnání se vznětovými vykazují menší účinnost, ale jsou výhodnější z hlediska dynamiky jízdy a při provozu v zimních obdobích. [10]

Pro pohon spalovacích motorů se používá převážně směs kapalných paliv, která jsou na bázi uhlovodíků se vzduchem. V současné době stále převažují dva základní druhy motorových paliv a to automobilový benzín a motorová nafta. Tyto paliva, která pocházejí především z ropy (fosilní palivo), jsou pro výrobu jednodušší než produkce biopaliv. [9]

Při spalování kapalných paliv je jejich výhodou rychlost hoření, poměrně snadné skladování a bezpečnost při provozu. V minulosti byl benzín považován jako odpad při výrobě petroleje. V dnešní době jeho cena stále roste vzhledem k zásobám ropy.

Biopaliva nejsou ničím novým. První automobilové spalovací motory byly konstruovány pro pohon na obnovitelné zdroje - biopaliva. Jedním z prvních motorů, které poháněl ethanol vyrobený z kukuřice, sestavil Henry Ford. V Československu se již v roce 1923 začala používat směs paliva k pohonu zážehových motorů, která byla tvořena 50 % ethanol, 30 % benzol a 20 % benzin. Toto palivo neslo název „Dynalkol“. V ČSR byla v roce 1930 spotřeba kapalných motorových paliv okolo 200 tisíc tun. Ethanol v Evropě konkuroval benzínu až do konce 30. let minulého století. [11]

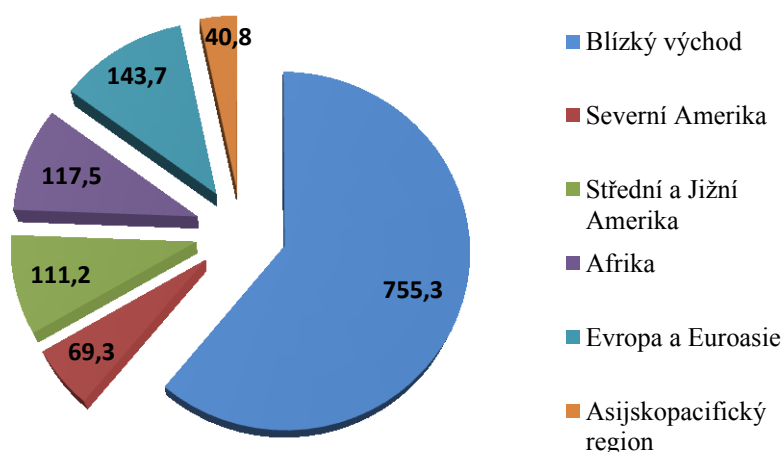
V roce 1930 i vzhledem k nadprodukcí v zemědělství vznikla povinnost stanovená zákonem č. 85/1932 Sb. a vládním nařízením č.127/1932 Sb. v množství 20 % obj. přidávání ethylalkoholu do benzínu vyrobeného v ČSR i dovezeného ze zahraničí. Od roku 1998 byl ethanol přidáván do automobilových paliv hlavně proto, aby snižoval znečištění ovzduší. [12]

2 Alternativní paliva pro spalovací motory

Označení „biopalivo“ nesou paliva kapalná nebo plynná, která jsou vyráběná z obnovitelných zdrojů rostlinného nebo živočišného původu ve stoprocentní koncentraci. Biopaliva, která se používají jako přídavek do nafty nebo benzínu se označují jako biosložka či biokomponenta. V České republice je v dnešní době nejrozšířenějším alternativním palivem, určené pro pohon vozidel, propan-butan (LPG). Mezi další patří biopaliva, která se v určitých poměrech přimíchávají do fosilních paliv a stlačený zemní plyn (CNG). Tyto plyny nemůžeme vložit do kategorie biopaliv. [8]

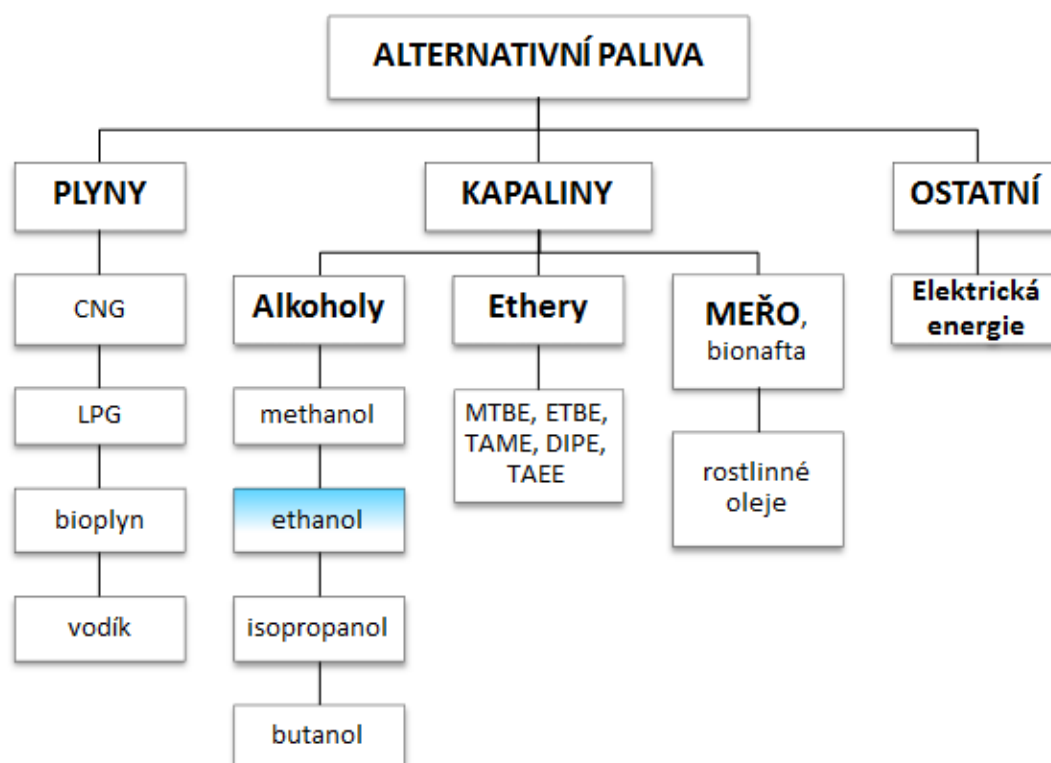
Hlavní důvody pro zavedení biopaliv v České republice a obecně ve světě:

- jsou vyráběna z obnovitelných zdrojů,
- používání biopaliv výrazně sníží škodlivé látky a CO₂ ve výfukových plynech do ovzduší, protože při spalování rostlinného materiálu se uvolní pouze tolik emisí CO₂, kolik bylo předtím ze vzduchu využito při fotosyntéze,
- jejich používání zmenšuje závislost na dodávkách ropy vzhledem k prognózám o ropných zásobách, [13]
- zvyšující se množství vozidel,
- snaha o snížení provozních nákladů,
- alternativní využití zemědělské půdy,
- poskytuje řešení při využití odpadů.



Graf 1 Současný světový stav zásob ropy v miliardách barelů

Rozdělení alternativních paliv na následujícím obrázku je podle skupenství.



Obrázek 1 Rozdělení alternativních paliv

2.1 Generace biopaliv

První generace

Pro výrobu současných biopaliv první generace se používá biomasa. Tato biopaliva se vyrábí fermentací cukrů a škrobu na bioethanol. Výroba se provádí z potravinových plodin cukerných, škrobnatých a olejnatých (např. cukrová řepa, cukrová třtina, kukuřice, obilí, brambory, slunečnice a další). Popřípadě se z biomasy získávají oleje a tuky, které se používají buď přímo, nebo se častěji reesterifikují na bionaftu – FAME. Takto vyráběná biopaliva konkurují potravinám, což je podle Světové banky hlavní příčinou zvyšování cen některých potravin na trhu. [10]

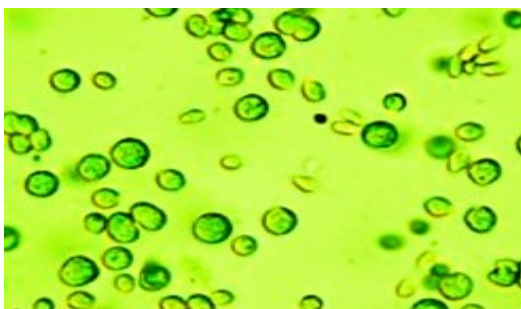
Nejvhodnější podmínky pro produkci biomasy jsou tropické oblasti, kde je dostatek úrodné půdy a vhodné přírodní podmínky. Hlavní nevýhodou těchto oblastí je nahrazení ekosystémů (lesy, mokřiny a pastviny), bioenergetickými plodinami (např. cukrová třtina). Dalším mínusem je používání umělých hnojiv a jedovatost pesticidů, což může výhody biopaliva negativně převážit. [14]

Druhá generace

Biopaliva druhé generace jsou vyráběna z tzv. nepotravinářské biomasy. Zdrojem pro nepotravinářskou biomasu jsou energetické plodiny, rychlerostoucí dřeviny a odpadní biomasa. U biopaliv druhé generace je velmi výhodné to, že suroviny pro výrobu této biomasy nejsou přímí konkurenti pro potravinovou produkci (např. konopí, rákos, šťovík, topol, vrba, olše, akát, sláma, dřevní odpady, piliny apod.). Nevýhodou ovšem jsou značné energetické vklady při tepelném zpracování těchto surovin. Technologický proces při výrobě je však mnohem složitější než fermentační proces při výrobě ethanolu či esterifikace olejů. Výnosnost při tomto procesu je přibližně z 5 tun biomasy 1 tuna biopaliva. Mezi biopaliva, která jsou vyrobená z těchto surovin, patří bioethanol, methanol, biobutanol z bioethanolu aj. Výroba biopaliv druhé generace lze ve větším měřítku očekávat až během několika let. [10]

Třetí generace

U třetí generace biopaliv se využívají řasy a mikroorganismy. Ty mohou žít na plochách nevhodných pro pěstování potravinářských plodin (odpadní vody, nádrže či moře) a mohou produkovat chemikálie téměř přímo využitelné jako palivo v motorech. Řasy obsahují olej i škrob a jsou efektivní při zachycení CO_2 . Z řasy lze vyrábět bioethanol i bionafta. Prozatím jsou nedostatečné zkušenosti s jejich produkcí a energetickou bilancí. Tato možnost je ve výzkumné fázi a praktické využití se odhaduje na několik let. [10]

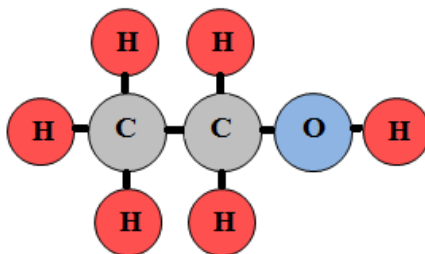


Obrázek 2 Řasy z fotobioreaktoru pro pěstování řas

2.2 Druhy alkoholových paliv

Ethanol

Ethanol je jedno s nejstarších automobilových paliv, které se používá jako náhrada za toxické přísady (benzen nebo toluen) na zvyšování oktanového čísla benzínu. V dnešní době se čím dál častěji využívá jako náhrada automobilového benzínu. Ethanol je však využíván i na jiné účely. Velmi důležité uplatnění má i v potravinářském průmyslu, lékařství a dalších odvětvích. Ethanol, známý také jako etylalkohol (líh) C_2H_5OH , obsahuje 52,14 % uhlíku, 13,13 % vodíku a 34,73 % kyslíku je bezbarvá kapalina alkoholového zápachu. Je klasifikovaný pro svou snadnou zápalnost jako hořlavina I. třídy. Vzhledem k původu je ethanol syntetický nebo kvasný. [8]

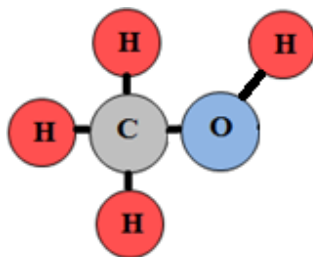


Obrázek 3 Molekula ethanolu

Methanol

Methanol (CH_3OH) je palivo, které se rovněž vyrábí z biomasy, nebo z některých fosilních paliv. Nevýhoda při výrobě methanolu je energetická náročnost při jeho výrobě z biomasy oproti syntetické výrobě. Methanol lze použít přímo jako palivo k výrobě paliv (např. MEŘO, DME aj.), nebo k výrobě aditiv (MTBE). Methanol je toxický a jedovatý.

Methanol slouží také k výrobě Metyl-Terc-ButylEter (MTBE). MTBE se vyrábí reakcí isobutenu C_4H_8 a methanolu CH_3OH . Vzhledem k vysokému oktanovému číslu se používá jako komponenta do benzínů. MTBE snižuje emise, má vyšší výhřevnost, nižší tlak par a lépe se mísí s benzínem než samotný methanol. [8]



Obrázek 4 Molekula methanolu

Bioethanol

Oproti syntetickému ethanolu vyráběného z ropné suroviny je bioethanol vyrobený technologií alkoholového kvašení z biomasy. Je to kapalné palivo, které vzniká v lihovarech kvašením sacharidů a následnou destilací. Patří mezi produkty vyrobené z obnovitelných zdrojů a je označován jako biopalivo. Z 1 kg cukru je možno vyrobit přibližně 0,65 l čistého ethanolu. S ekologického hlediska je bioethanol látka, která má čistě rostlinný původ. V případě úniku do půdy se vlivem organismů rozloží bez negativních následků.

Bioethanol je surovina, která slouží také k výrobě ETBE (Etyl-Terc-ButylEteru). ETBE se používá jako přísada „biosložka“ pro zvýšení oktanového čísla benzínu, snižuje emise CO a HC. Tato složka se s benzínem dobře mísí a zvyšuje kvalitu hoření paliva v motoru. ETBE se vyrábí reakcí isobutenu C_4H_8 a ethanolu C_2H_5OH .

Podle normy ČSN EN 228, která vychází z evropské směrnice 2003/30/ES, se v zemích Evropské unie musí přidávat do benzínu podíl biosložky (bezvodý bioethanol). E5 je palivo s označením Natural 95. Z výzkumu vyplynulo, že 5 % podíl biosložky může spalovat každý motor bez nutnosti úprav.

Palivo E95 se skládá z 95 % ethanolu a 5 % aditiv. E95 je palivo, které se používá pro pohon upravených vznětových motorů. Úprava vznětového motoru pro E95 spočívá hlavně ve zvýšení kompresního poměru na 25 a více a dimenzování vstřikovacího systému ve smyslu zvýšení vstřikované dávky paliva. Ve srovnání s motorovou naftou má ethanol nízké oktanové číslo a mazací schopnosti, proto je nutné použití vhodných aditiv. [8]

Využití paliva E95 není moc rozšířené. V Evropě toto palivo používá automobilová firma Scania pro své autobusy se vznětovým motorem.

Ethanol E85

Palivo E85 je v současnosti nejrozšířenější typ biopaliva. Toto palivo je atestované, splňuje požadavky ČSN 636512 a emisní limity Euro IV. Je to směs skládající se z 85 % bezvodého lihu C_2H_5OH a 15 % benzínu N95. Během ročních období se poměr mezi ethanolem a benzinem mění, ale minimální podíl ethanolu je 70 %. Má čirou barvu a zápach benzínu.

Ethanol E85 je biologicky odbouratelné palivo bez škodlivého vlivu na životní prostředí. Oproti klasickému palivu má nižší obsah škodlivých látek ve výfukových plynech, neobsahuje síru, nižší CO_2 (o 30 – 70 %) a má méně karcinogenních sloučenin.

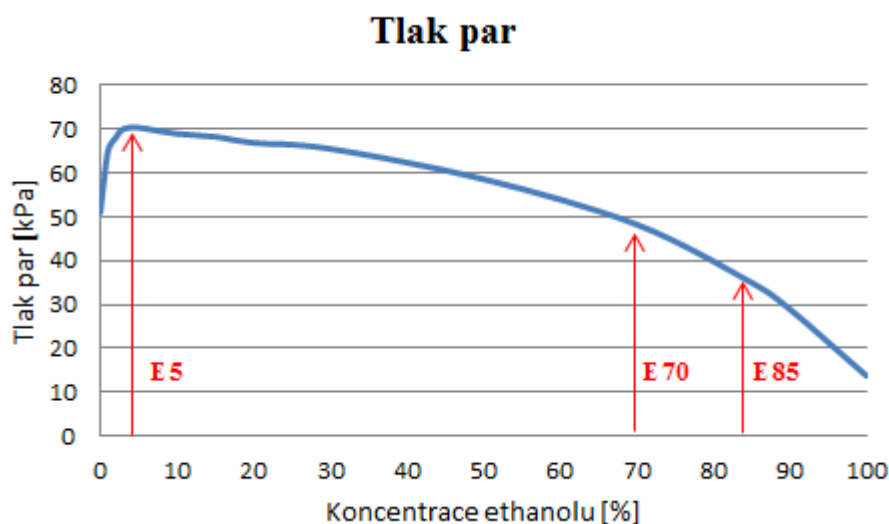
Vzhledem k benzínu, který má se vzduchem stechiometrický poměr 14,7:1 má E85 stechiometrický poměr přibližně 9,86:1 z důvodu obsahu cca 15 % benzínu. V zimě je to něco více (10,7:1), jelikož obsahuje větší množství benzínu. Bod vzplanutí je u E85 -30 °C a N95 -45 °C. Teplota hoření E85 je 360 °C a N95 260 °C.

Výparné teplo ethylalkoholu je v porovnání s benzinem vyšší a výrazně ochlazuje palivovou směs, které se do válců dostane větší množství a tím se dosáhne mírného navýšení výkonu motoru. Velké výparné teplo způsobuje problémy při spouštění motoru v zimě, proto se používají zařízení pro ohřev motoru nebo větší poměr benzínu. [8]

Palivo	Hustota [kg/m ³]	Oktanové číslo	Cetanové číslo	Bod varu [°C]	Výhřevnost [MJ/kg]	Výparné teplo [kJ/kg]
BA95	750	95	-	99,2	45,3	315
E85	783	105	8	81,4	29,66	545
E95	794	105	< 40	78	26,9	903
Ethanol	789	106	< 10	78,3	26,9	904
Methanol	791	105	< 10	64,5	18,8	1090
ETBE	745	118	8	73,1	36,4	920
MTBE	740	117	48	55,3	34,9	1130
Nafta	800-845	-	52	160 - 360	42,5	180
MEŘO	870-890	-	58	320 - 360	38,5	260
CNG	693	130	-	-162	50	555
LPG	510-580	cca 100	-	-42	46	300

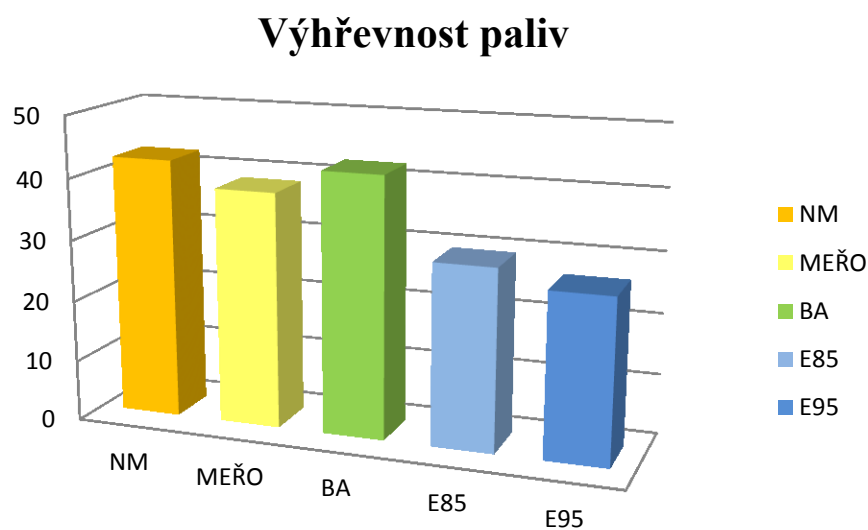
Tabulka 1 Porovnání vlastností různých paliv

Tlak par (těkavost) je parametr, který udává, při jakém tlaku vzduchu se začne palivo odpařovat. Ethanol má tlak par 17 a 21 kPa (methanol kolem 40 kPa, nafta 1 kPa, LPG max. 1550 kPa). Benzín má tlak par zhruba 51 kPa (povolený rozsah je 45 – 90 kPa), což zajišťuje startovatelnost motoru do více jak -40 °C. Tlak par paliva E85 je v rozsahu 35 - 60 kPa. Tlak par s teplotou klesá. Kritická hodnota je 5 kPa, kde při tomto tlaku nastane problém se startem spalovacího motoru. Obsah benzínu v ethanolu tlak par zvyšuje. [19]



Graf 2 Tlak par při různých koncentracích ethanolu

Výhřevnost udává, kolik energie se uvolní při spálení 1 kg paliva. Biopaliva mají menší energetický obsah než uhlovodíková paliva z důvodu velkého obsahu kyslíku.



Graf 3 Výhřevnost vybraných paliv v MJ/kg

2.3 Výroba bioethanolu

V současnosti se v ČR realizují dva základní technologické postupy pro výrobu bioethanolu, které jsou vhodné pro pohon motorových vozidel, a to z obilovin a z cukrové řepy. K výrobě bioethanolu se používají výchozí suroviny, které obsahují jednoduché cukry nebo látky, které lze přeměnit na jednoduchý cukr (škrob a celulóza).

Základem pro výrobu bioethanolu je biomasa. Biomasu lze chápat jako souhrn látek organického původu. Biomasu tvoří rostliny, sinice, houby, bakterie, živočichové apod.

Druhy biomasy obsahují:

- jednoduché cukry (cukrová řepa a třtina),
- škrob (kukuřice, obiloviny, brambory),
- lignocelulózu (sláma, štěpky, rychle rostoucí dřeviny, biologický odpad, papír apod.).

Ethanol se získává z rostlin rozkladem jejich tkání pomocí tzv. fermentace – kvašení, což je proces, který využívá působení enzymů některých kvasinek.

Nejjednodušší je výroba bioethanolu z cukrové řepy nebo třtiny, protože tyto suroviny již obsahují sacharózu. Sacharóza se přemění na jednoduché cukry, které se pak dají dobře oddělit a fermentovat. Tento způsob výroby i přesto, že je poměrně jednoduchý, není v České republice nejrozšířenější a převládá výroba bioethanolu z obilovin. Z jednoho hektaru obilí jde v podmínkách ČR získat okolo 1 600 litrů bioethanolu.

Na výrobu jednoho litru bioethanolu je zapotřebí 2,5 kilogramu obilí. U cukrové řepy je to o něco méně příznivé, jedná se o zhruba 9,7 kilogramu suroviny na jeden litr bioethanolu.

Výhodou při výrobě bioethanolu je možnost využití různých surovin, které lze použít ke zpracování. K výrobě bioethanolu se dá také využívat odpadních produktů zemědělské výroby, dřevní biomasy nebo celulózy. Výroba z některých těchto zdrojů surovin má nízkou výtěžnost.

Celulóza patří mezi nejrozšířenější cukry v přírodě a podílí se na stavbě rostlinných těl. Přeměna biomasy z celulózy na jednoduché cukry je obtížná, protože se jedná o stabilní polymerní molekulu, kterou kvasinky zpracovat nedokážou. Mezi suroviny, které jsou vhodné ke zpracování, patří například vrba, zbytky ze zpracování dřeva, sláma, cukrová třtina, a organický podíl komunálního odpadu.

Celulóza ve výrobě ethanolu má zásadní význam ve snížení množství nevyužitého odpadu. K dispozici je ve velkém množství a je levnější než potravinářské plodiny.

Na výzkumu pro výrobu ethanolu z celulózy se intenzivně pracuje. První provozy, zatím s malou produkcí, již fungují. V těchto provozech se využívá k rozkladu celulózy vhodných enzymů. Důvodem zájmu o tuto surovinu je fakt, že je k dispozici ve velkém množství a je levnější než potravinářské plodiny, zejména pokud by se výroba zaměřila na různé druhy odpadů.

V dnešní době se čím dál více využívá orná půda pro pěstování lukrativnější biomasy, která vytlačuje pěstování potravinářských plodin, protože se stává pro zemědělce více výhodná.

Kdyby někdy v budoucnu vznikla situace, při které by se bioethanol stal výhradní pohonnou hmotou pro dopravu na celém světě, nestačila by veškerá obdělávaná půda pro pěstování potřebného množství rostlin k jeho výrobě. Navíc by se tím přišlo o zemědělsky využívanou půdu k pěstování plodin pro výrobu potravin.

Postup výroby bioethanolu

Na vstupu při procesu mletí projde biomasa drtičkou, kde se rozmělní. Poté se do rozdrcené směsi přidá voda, přičemž se vytvoří kaše. Do vytvořené směsi se přidá enzym. Směs se poté zahřeje v kotli na vysokou teplotu, desinfikuje se a rozpustí se škrob.

Během procesu nazývaného zcukernatění se do kaše přidá další enzym glukoamyláza, jež rozštěpí škrob na jednotlivé molekuly cukru glukózy. Do směsi se dále přidají kvasinky a vznikne tzv. kvašení, při kterém se mění cukr na ethanol a oxid uhličitý (CO₂). Proces trvá přibližně 40 – 50 hodin. [19]

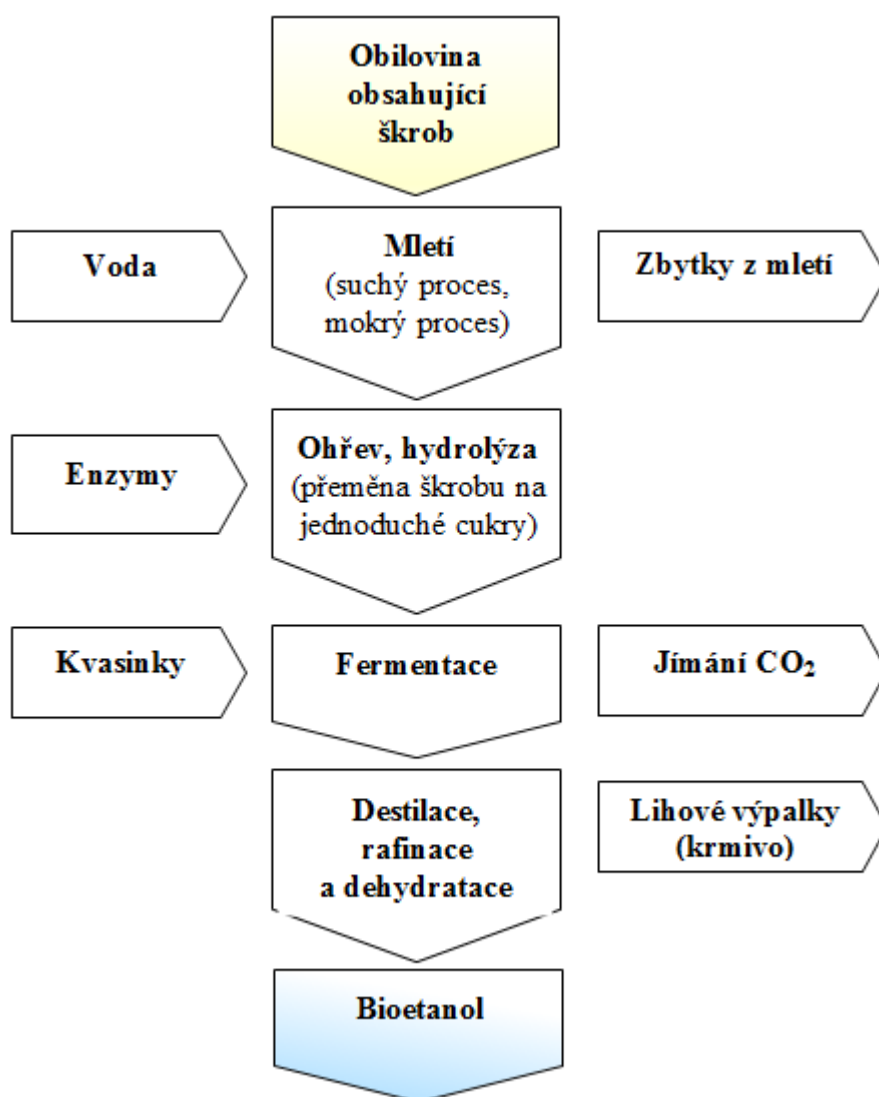
Kvašení (fermentace) popisuje rovnice:



Vyzrálý kvas obsahuje okolo 10 % alkoholu a pomocí destilace se zvýší až na 90 %. Během dalšího procesu zvaného odvodnění se na molekulárních (velmi jemných) sítích odloučí voda a vznikne tak 100 % ethanol. Výsledkem je vytvořený ethanol, který se dále mísí s benzínem, a tak vzniknou různé typy paliv od E10 až po E85.

Jedním z vedlejších produktů jsou tzv. výpalky, ze kterých se vyrábí krmivo pro dobytek. Při výrobě vzniká i oxid uhličitý CO_2 , který se stlačuje a využívá v potravinářském průmyslu. [19]

Celý proces je zobrazen na následujícím diagramu:



Obrázek 5 Procesy při výrobě bioethanolu z obilovin

2.4 Vývoj bioethanolu

Bioethanol ve světě

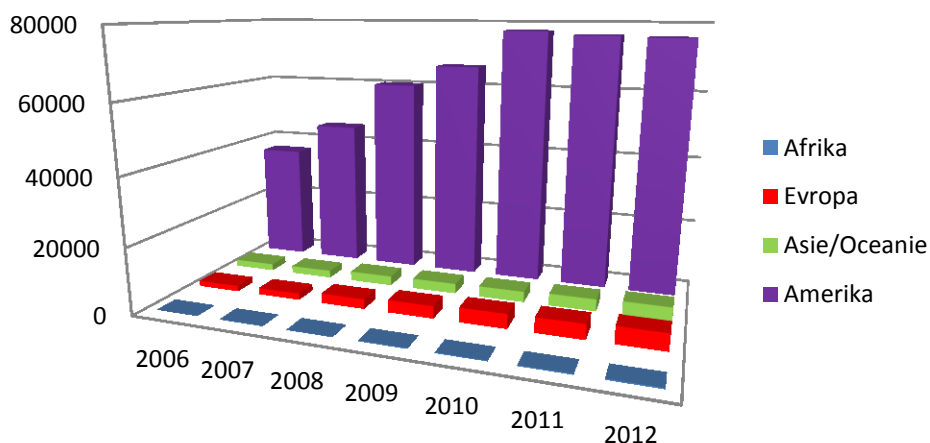
Z celkové celosvětové produkce výroby bioethanolu se 66 % spotřebuje jako palivo pro pohon motorových vozidel.

Země, kde je palivové využití bioethanolu nejrozšířenější je Brazílie, USA a Kanada. V roce 2003 byla světová produkce ethanolu 37,6 miliard litrů a z toho 14,2 miliard litrů v Brazílii. Nejpoužívanější pohonnou hmotou v Brazílii je ethanol pocházející převážně ze zemědělství. Používání bioethanolu v této zemi se začalo v minulém století a rozvinulo se do dnešní doby natolik, že Brazílie snížila dodávky ropy až o 50 %.

Stát podpořil i výrobu upravených motorů, schopných toto palivo spalovat. V současné době je v Brazílii stále se zvětšující obliba tzv. FFV (Fuel Flexible Vehicles). Tyto vozy na Brazílský trh dodávají koncerny jako VW, Renault, Fiat a další.

Další zemí, kde je bioethanol využíván v dopravě, jsou USA. Ty se ke konci osmdesátých let v produkci bioethanolu začaly rozvíjet nejrychleji z celého světa. V této zemi je hlavní surovinou pro výrobu bioethanolu obilí nebo kukuřice.

V Evropě je situace podobná. Po první světové válce se začalo používání biopaliv a rozšířilo se do celé Evropy s rozdílem množství biosložek přidávaných do fosilních paliv. Nejvíce používané palivo E85 je ve Švédsku, kde je v provozu více jak 16 tisíc vozidel FFV. Počet čerpacích stanic s palivem E85 v této zemi převyšuje 300.



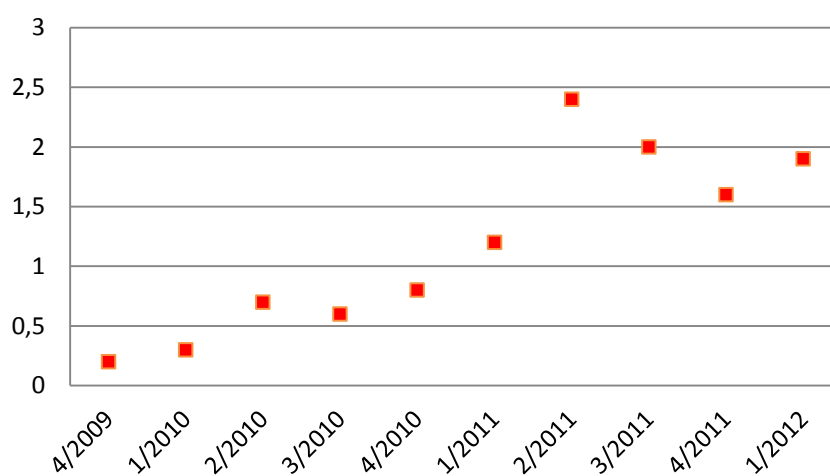
Graf 4 Celosvětová produkce bioethanolu na biopaliva v milionech litrů

Bioethanol v České republice

V České republice začala výroba bioethanolu v roce 2006 ve společnosti Agroetanol TTD v Dobrovici. Na českém trhu se biopalivo E85 objevilo v roce 2009. Dalšími výrobci bioethanolu jsou Ethanol Energy, a.s. (lihovar Vrды), Korřil, a.s. (lihovar Hustopeče), PLP, a.s. (lihovar Trmice) a další.

V roce 2011 se v České republice prodalo 345 nových vozidel na palivo E85, o rok dříve to bylo 32 vozů. V České republice nyní jezdí na E85 více jak 2 000 vozidel. [8]

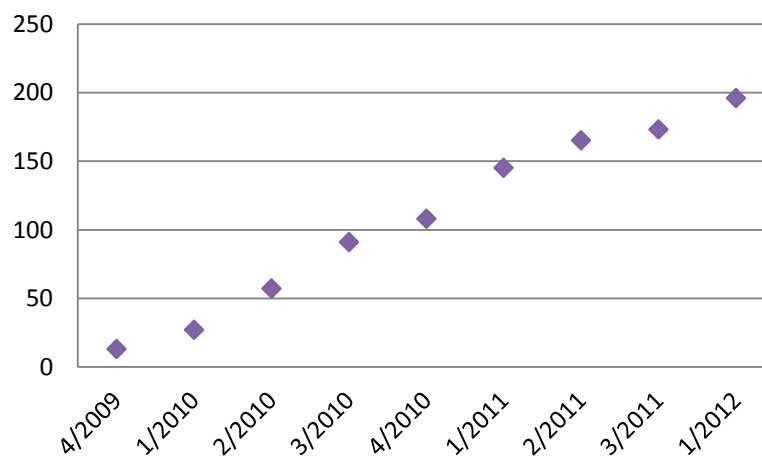
Čtvrtletní výroba E85 v ČR



Graf 5 Čtvrtletní výroba E85 v ČR

V dnešní době je zatím poměrně málo čerpacích stanic s nabídkou paliva E85, ale tato situace se neustále zlepřuje.

Počet čerpacích stanic s E85 v ČR



Graf 6 Počet čerpacích stanic s E85 v ČR

3 Emisní normy

Z důvodu stále se zvyšujícího počtu motorových vozidel ve světě se dlouhodobě věnuje intenzivní pozornost problematice snižování emisí.

V roce 2011 vypracovala a přijala Evropská komise program pro využití alternativních pohonných hmot v dopravě. Předpokládá se, že do roku 2020 by se mělo nahradit 20 % fosilních motorových paliv alternativními palivy, biopalivy, zemním plynem a vodíkem.

Zvyšování podílu alternativních paliv by mělo být dle předpokladu postupné, jak vyplývá z následující tabulky. [8]

Rok	Biopaliva [%]	Zemní plyn[%]	Vodík[%]	Celkem[%]
2005	2	–	–	2
2010	6	2	–	8
2015	7	5	2	14
2020	8	10	5	23

Tabulka 2 Podíl alternativních paliv v zemích EU do roku 2020

3.1 Emisní norma Euro

V Kalifornii v roce 1968 vznikla první norma, která se začala zabývat škodlivými složkami ve výfukových plynech motorových vozidel. V Evropě první emisní norma začala platit až v roce 1971 a nesla název EHK 15.

První emisní norma Euro vznikla v roce 1992. Od té doby, přibližně každé čtyři roky, vyjde nová emisní norma. Emisní norma Euro je závazná a stanovuje maximální hodnoty škodlivých složek ve výfukových plynech. Hodnoty se uvádějí v gramech na ujetý kilometr. Čím je číslo normy vyšší, tím je norma přísnější. V současné době je 5 emisních norem a to Euro I, Euro II, Euro III, Euro IV, Euro V.

V roce 1992 vyšla první platná norma Euro I. Tato norma oproti té dnešní byla vůči emisním složkám benzínových a naftových typů motoru poměrně shovívavá. Pro CO byl limit okolo 3 g/km a NOx a HC se sčítaly.

Norma Euro II řeší oba typy motorů zvlášť. Vznětové motory mají větší volnost v emisích NOx a HC, protože se tyto hodnoty sčítají. Benzín může obsahovat více CO.

Euro III snižuje pro vznětové motory obsah PM o 50 % a emise NO_x na 0,50 g/km, CO se snižuje o 36 %. U zážehových motorů se zpřísnily podmínky pro emise NO_x a HC.

U emisní normy Euro IV jsou emisní limity ještě více zpřísněny. Obsah pevných částí a emisí oxidu dusíku byly sníženy na polovinu. U vznětových motorů se výrazně redukuje složky CO, NO₂, HC a pevné částice.

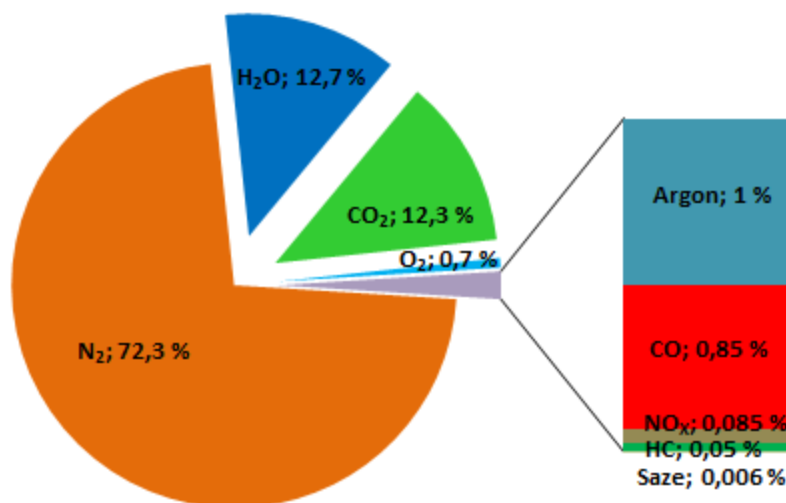
Dnešní vyrobená vozidla splňují normu Euro V, která se více zaměřuje na vznětové motory a snaží se je vzhledem k obsahu zplodin, srovnat se zážehovými motory. Vznětové motory jsou osazovány vysokotlakým řízeným vstřikováním, které přispívá snížením pevných částic. Také se z důvodu snížení množství pevných částic začaly u vznětových motorů montovat do výfukového potrubí tzv. filtr pevných částic. Nová norma Euro VI, která je ve fázi návrhu, by měla začít platit v roce 2014. V následující tabulce emisních norem jsou hodnoty škodlivin pro vznětové a zážehové motory. [18]

Tabulka emisních norem (v g/km)						
Název	Platnost	CO	HC	NO _x	HC+NO _x	PM
Diesel						
Euro 1	1992	2,72	-	-	0,97	0,14
Euro 2	1996	1,0	-	-	0,90	0,10
Euro 3	2000	0,64	-	0,50	0,56	0,05
Euro 4	2005	0,50	-	0,25	0,30	0,025
Euro 5	2009	0,50	-	0,18	0,23	0,005
Euro 6	2014	0,50	-	0,08	0,17	0,005
Benzín						
Euro 1	1992	2,72	-	-	0,97	-
Euro 2	1996	2,2	-	-	0,5	-
Euro 3	2000	1,3	0,20	0,15	-	-
Euro 4	2005	1,0	0,10	0,08	-	-
Euro 5	2009	1,0	0,1	0,06	-	0,005
Euro 6	2014	1,0	0,1	0,06	-	0,005

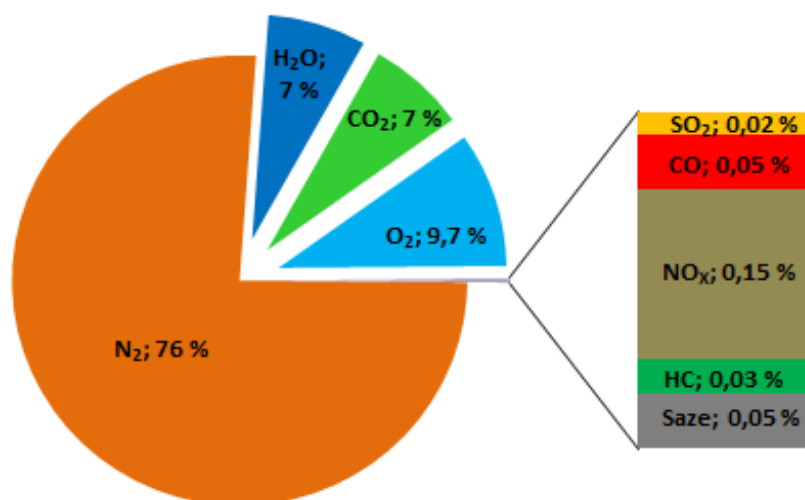
Tabulka 3 Emisní normy

3.2 Složky výfukových plynů

Ve výfukových plynech spalovacího motoru jsou z hlediska škodlivosti složky, které se dělí na škodlivé a neškodlivé. Mezi neškodlivé složky se řadí dusík N_2 , kterého je ve výfukových plynech nejvíce, voda H_2O , kysličník uhličitý CO_2 , kyslík O_2 a další. Neškodlivost oxidu uhličitého CO_2 je pouze relativní, protože patří k plynům, které vytvářejí skleníkový efekt. Mezi škodlivé složky ve výfukových plynech patří oxid uhelnatý CO , oxidy dusíku NO_x , nespálené uhlovodíky HC , oxid siřičitý SO_2 , pevné částice a další. Z výše uvedených prvků se u zážehových i vznětových motorů sledují škodliviny CO , NO_x , HC . Saze a pevné částice se sledují pouze u vznětových motorů. [18]



Graf 7 Složky výfukových plynů zážehového motoru



Graf 8 Složky výfukových plynů vznětového motoru

Oxid uhelnatý (CO)

Oxid uhelnatý je bezbarvý plyn, který je bez zápachu a bez chuti. Je jedovatý tím, že se váže v krvi na hemoglobin mnohonásobně rychleji (200 - 300 krát) než kyslík, který je tak vytěšňován. Vzniká při nedokonalém spalování uhlovodíků. V atmosféře v normálním množství oxiduje za určitý čas na oxid uhličitý.

U zážehových motorů vzniká oxid uhelnatý při bohaté směsi ($\lambda < 1$) z důvodu nedostatečnému obsahu kyslíku, který je potřebný pro oxidaci uhlíku na oxid uhličitý (CO_2). V oblasti chudé směsi ($\lambda > 1$), je objemový obsah CO nízký.

V oblasti stechiometrické směsi (součinitel přebytku vzduchu $\lambda = 1$) je objemový obsah CO přibližně 0,3 – 0,5 %.

Oxid uhličitý (CO_2)

Oxid uhličitý je bezbarvý plyn, bez chuti a zápachu. Ve své podstatě není jedovatý, ale zvyšuje účinky oxidu uhelnatého a přispívá ke vzniku skleníkového efektu. Při stechiometrické směsi je hodnota CO_2 maximálně 14,7 %. Tato hodnota odpovídá dokonalému spalování. Hodnoty CO_2 , CO a HC jsou ukazatelem funkčnosti katalyzátoru. Emisní norma EURO nemá limit pro množství CO_2 .

Nespálené uhlovodíky (HC)

Uhlovodíky ve spalínách obsahují karcinogenní látky, jedovaté aldehydy, nejedovaté alkany a alkeny, a další složky. Tyto složky vznikají během spalování v důsledku nedostatečného množství kyslíku například z důvodu chudé směsi nebo vynechávání zapalování a podobně. V atmosféře reagují s oxidy dusíku a vytvářejí látky, které dráždí sliznici a v letním období se podílí na tvorbě přízemního jedovatého ozónu.

Oxidy dusíku (NO_x)

Oxidy dusíku vznikají ve spalovacím prostoru při vysokých teplotách a chudé směsi. Některé oxidy dusíku jsou zdraví škodlivé (napadají plíce a sliznice). Kromě oxidu dusnatého NO vznikají také oxid dusičitý NO_2 a oxid dusný N_2O . Trend snižování spotřeby paliva může vést ke zvýšení podílu oxidů dusíku ve výfukových plynech. Řešení množství oxidů dusíku lze redukovat například použitím aditiv.

Oxid siřičitý (SO₂)

Oxid siřičitý je štiplavě páchnoucí, bezbarvý plyn, který je nehořlavý. Podporuje vznik onemocnění dýchacích cest (napadá sliznici a plíce). Tvoří kyselé deště a tím poškozuje hlavně lesní porosty. Při používání paliva s nízkým obsahem síry se obsah oxidu siřičitého ve výfukových plynech snižuje.

Olovo (Pb)

Olovo je těžký jedovatý kov. V dnešní době se používají především paliva bezolovnatá, kde jsou mazací vlastnosti olova nahrazeny aditivami.

Saze (PM)

Převážně u vznětových motorů z důvodu úplného nepřístupu vzduchu uvnitř kapičky paliva (nafty) dochází při vysoké teplotě k rozkladu molekul uhlovodíků (tvorba sazí).

Pevné částice jsou ve spalínách tvořeny částičky prachu, popelu, rzi, opotřebením částí motoru popř. palivové soustavy, oleje atd.

Dusík (N₂)

Dusík je hlavní součástí vzduchu (78 % N₂, 21 % O₂, 1 % ostatní plyny). Je to nejedovatý plyn, který je bezbarvý a nehořlavý bez zápachu. Velká část dusíku se po skončení spalovacího procesu vrací ve výfukových plynech zpět do ovzduší, ale část reaguje s kyslíkem a vznikají oxidy dusíku NO_x.

Kyslík (O₂)

Kyslík je bezbarvý, nejedovatý plyn bez chuti a zápachu. Je nezbytný pro proces spalování. Zbytkový kyslík se vyskytuje ve výfukových plynech při spalování chudé směsi ($\lambda > 1$).

Voda (H₂O)

Voda ve formě vodní páry je produktem katalyzátoru, a také je do motoru nasávána spolu se vzduchem. [18]

4 Aplikace ethanolu v automobilech

Ethanol používaný v automobilech, musí splňovat kritéria, které stanoví norma ČSN 65 6511 (technické požadavky a metody zkoušení). Tato norma stanovuje vlastnosti kvasného lihu určeného k výrobě automobilových benzínů. [19]

Použití ethanolu, jako paliva pro pohon spalovacího motoru, je provedeno dvěma způsoby:

1. Palivo s různým obsahem etylalkoholu (směs až do 85 %).
2. Nízkoprocentní kyslíkatá a antidetonační přísada (ETBE), která zvyšuje oktanové číslo a zlepšuje parametry benzínu.

Vysokoprocentní palivo E85 je určeno pro motory s elektronickým řídicím systémem umožňující provoz na benzín i ethanol (FFV).

4.1 Aplikace v zážehových motorech

S ohledem na klíčové vlastnosti, jako je oktanové číslo a výparné teplo, ethanol představuje vhodné palivo pro zážehové motory. Ve spalovacím motoru se v ideálním případě spaluje na oxid uhličitý a vodu.

Palivo E85 je možné použít pro pohon spalovacích motorů i u běžných sériových vozidel. Důležité je provést některé nezbytné úpravy. Hlavní změnou oproti systémům se spalováním benzínu je v prodloužení doby vstřikovaného paliva. Rozsah regulace vstřikovacího ventilu, respektive množství vstřikovaného paliva, je u každého systému různý. Běžně regulace probíhá zhruba do čtyřicetiprocentní koncentrace ethanolu (dle systému).

Obecně platí, že moderní vozidla se pohybují směrem ke komplexnímu a přesnému ovládání parametrů motoru. Tyto prvky mají za následek větší pružnost pro dosažení optimálního spalování za všech podmínek, včetně možnosti použití paliv s různým oktanovým číslem. Mezi prvky, kterými dnešní motory disponují, jsou například:

- variabilní časování ventilů (VVT),
- přímé vysokotlaké vstřikování paliva,
- přeplňování, EGR a další.

Spalovací motory s elektronicky řízeným zapalováním a snímačem klepání, umístěným na bloku motoru, umožňují změnu předstihu na základě tzv. detonačního hoření. Řídící jednotka motoru ze signálu snímače klepání upraví předstih tak, aby byl těsně pod hranicí klepání, kdy motor pracuje nejefektivněji.

U spalovacích motorů s karburátorem, mechanickým vstřikováním, vstřikovacím systémem bez lamdasondy popřípadě mechanickým rozdělovačem, lze systém pevně přenastavit (např. přetryskovat, zvětšit předstih, aj.) na směs ethanolu s benzínem. U takto nastaveného motoru je nutné daný poměr směsi dodržovat, protože tyto starší systémy jsou málo adaptabilní.

4.2 Aplikace ve vznětových motorech

Použití bioethanolu ve vznětových motorech není tak rozšířené, jako u zážehových motorů. Ethanol má velmi nízké cetanové číslo a mazací schopnosti, proto je bez úpravy jako palivo pro vznětové motory nevhodné. Nutné jsou i konstrukční úpravy motoru, palivového systému vzhledem k mazacím schopnostem ethanolu a další. Tyto problémy lze snížit vhodnými aditivami, které jsou na bázi dusitanů a dusičnanů. Ethanol, jako palivo pro vznětové motory našlo uplatnění v E95.

4.3 Flexifuel automobily

FFV (Flexible Fuel Vehicle) jsou vozidla, které jsou vyrobená přímo na provoz s různými typy paliv.

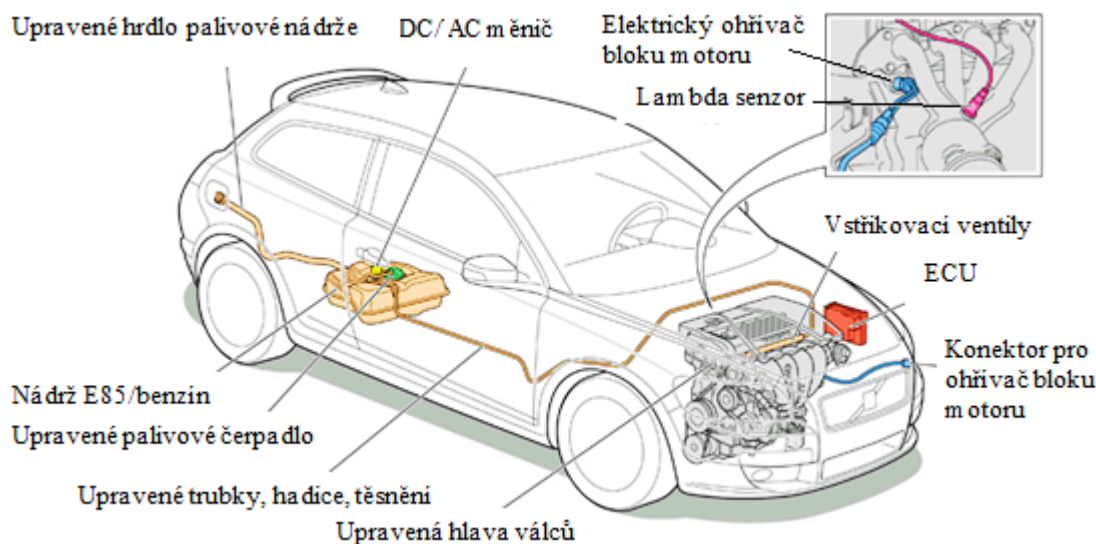
Motory pro FFV umožňují provoz na benzín, ethanol nebo jejich libovolnou kombinaci od 0 - 85 %. Konstruovány jsou většinou s vyšším kompresním poměrem, který vyhovuje ethanolu i benzínu. [20]

Palivový systém u FFV vozidel je dimenzován pro provoz na ethanol. Regulační rozsah doby vstřikovaného paliva je u FFV větší než u sériově vyráběných vozidel. Výkonnější je i zapalovací systém.

Ethanol má nižší tlak par, což znamená, že se při nízkých teplotách hůře odpařuje. Z tohoto důvodu jsou FFV motory vybaveny elektrickým předehřívacím systémem, který udržuje teplotu nad úrovní 5 °C, což má příznivý vliv i na emise.

Změny následujících komponentů a funkcí, které mohou být u FFV přizpůsobeny palivu E85 ve srovnání s benzínem:

- hlava válců - sedla sacích ventilů jsou přizpůsobené pro spalování paliva E85,
- motor má vyšší kompresní poměr,
- vstřikovače - otvory vstřikovačů byly zvětšeny o 30 – 35 % z důvodu zvýšení průtočné kapacity. Více paliva musí být aplikováno pro dosažení stejného točivého momentu s N95,
- rozdělovač paliva,
- elektrický ohřívač bloku motoru,
- palivové vedení,
- DC/AC měnič – napájí snímač množství paliva v nádrži obdélníkovým pulsem (střídavý proud) s frekvencí (desítky Hz) z důvodu zabránění možné oxidace vlivem elektrolýzy vzniklé stejnosměrným proudem,
- palivová nádrž - plastová popř. kovová pocínovaná s větším obsahem,
- palivové čerpadlo s vyšším pracovním tlakem a zapouzdrěným konektorovým spojením,
- řídicí jednotka (ECU),
- zapalovací svíčky s vhodnou termickou odolností,
- snímač obsahu ethanolu v palivovém systému.



Obrázek 6 Volvo C30 1,8F Flexifuel systém – E85 [23]

5 Praktická analýza s palivem E85 a N95

Vzhledem k odlišnému stechiometrickému poměru E85 (9,86:1 - 10,7:1) oproti benzínu (14,7:1) se musí upravit množství vstřikovaného paliva do motoru. Pokud by se nechalo vstřikování na původních hodnotách určených pro benzín, došlo by k nedodržení stechiometrického poměru (velmi chudá směs). Tento negativní jev by velmi zvýšil teplotu ve spalovacím prostoru a mohlo by dojít k poškození motoru a výfukového systému (např. katalyzátor, turbodmychadlo, aj.).

Při použití paliva E85 bez úpravy vstřikovacího systému lambda-regulace reaguje na toto palivo prodlužováním délky vstřiku. Neustále chudá směs, především ve zvýšené zátěži motoru, zapříčiní překročení povolené regulační meze, dojde k odpojení lambda-regulace a je aktivován nouzový režim. Tento stav rozsvítí kontrolku diagnostiky a zapíše se závada do paměti řídicí jednotky motoru.

V nouzovém režimu je dána délka vstřiku přímo danými hodnotami z datového pole (dle režimu motoru), které bylo vytvořené pro benzín. Spalování E85 pak probíhá v oblasti velmi chudé směsi. Po opakovaném spuštění motoru, popřípadě vymazání závady z jednotky motoru je znovu aktivována lambda regulace opět do překročení regulační meze.

Řešení je v prodloužení doby vstřiku (popřípadě výměna vstřikovacích ventilů s větším průtokem, zvýšení tlaku a průtoku paliva) a tím dorovnání množství vstřikovaného paliva do motoru na daný stechiometrický poměr.

Nejčastější úpravou vozidel se zážehovým motorem na E85 je aplikace přídatné jednotky. Přídatná jednotka využívá stávajícího systému regulace vstřikování, respektive signálů z řídicí jednotky motoru pro ovládání vstřikovacích ventilů.

Důležitou podmínkou pro správnou funkci přídatné jednotky na E85 je funkční lambda sonda. V opačném případě motor poběží na velmi chudou směs (ethanol obsahuje cca 30 % kyslíku a benzín maximálně 3 %) a s tím spojené důsledky.

5.1 Úprava vozidel na E85

Přestavba vozidla na E85 musí být schválená a zapsaná v technickém průkazu. Zařízení musí projít testem akreditované zkušebny (např. Dekra, TÜV SÜD). Schvalování popisuje vyhláška Ministerstva dopravy ČR č. 341/2002 sb. o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích. Přestavěné a schválené vozidlo je osvobozeno od silniční daně.

5.2 Jednotky pro přestavbu na E85

V České republice jsou na trhu různé typy přídavných jednotek pro E85, které jsou určeny pro sériově vyrobená vozidla se zážehovým motorem. Některé z těchto jednotek jsou již schválené. Zařízení pro úpravu jsou konstruována tak, že jsou plně automatická, nebo s ručním přepínáním.

Příklady jednotek na Českém trhu:

- Plně automatická jednotka pro úpravu délky vstřikovaného paliva. [21]



Obrázek 7 Automatická jednotka - Biopowers E-motion

- Jednotka s možností manuálního přepínání BA/E85. Základní nastavení se provádí přes rozhraní USB v počítači. [22]



Obrázek 8 MEXET PT - E85 s USB rozhraním

- Jednotka s přepínáním na režim - zimní provoz E70, letní provoz E85, benzín a automatický režim na základě údaje z funkční lambda sondy. [16]



Obrázek 9 Jednotka FLEXCAR s možností změny módu

- Jednotka se snímačem paliva, který rozpozná poměr ethanol/benzín a podle toho reguluje vstřikování směsi. [16]



Obrázek 10 Jednotka ELOTEC EC – 85 se snímačem paliva

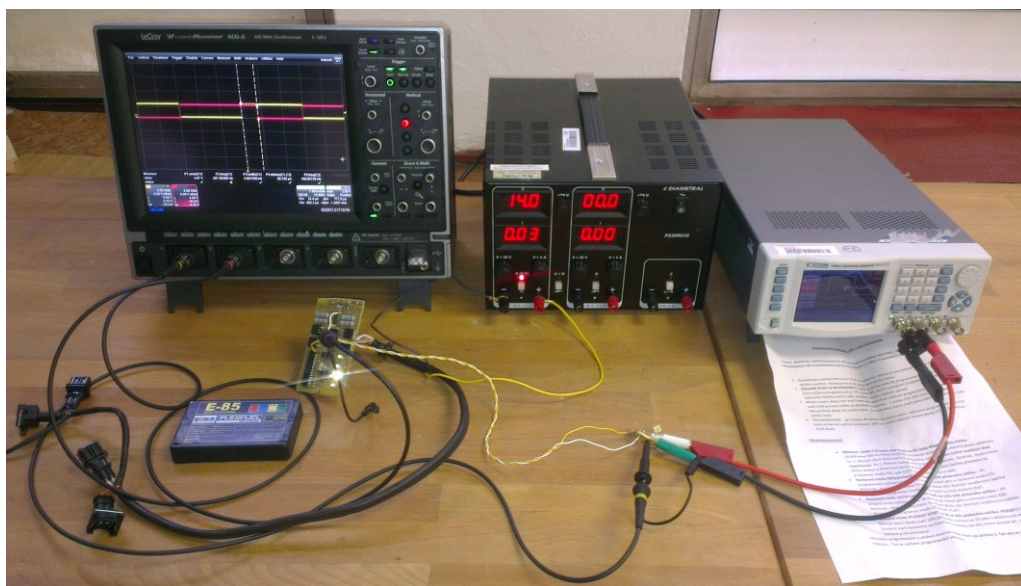
- Jednotka s využitím signálu z lambda sondy vozidla. [8]



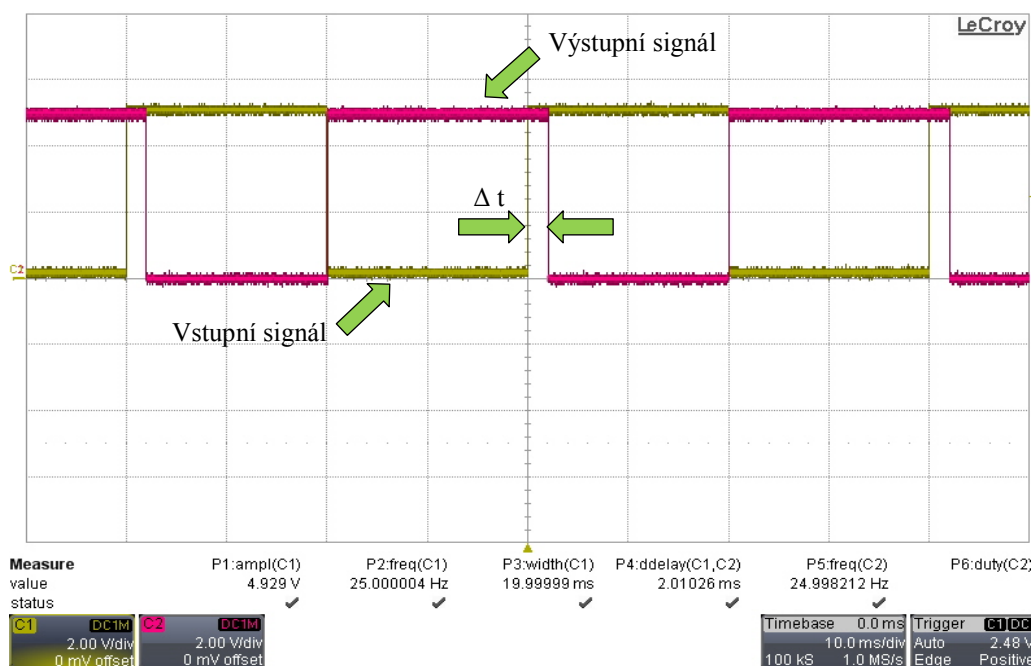
Obrázek 11 Jednotka EUROPECON FLEX

5.3 Měření parametrů přídavné jednotky

Pomocí generátoru signálů a osciloskopu jsem na plošném spoji přídavné jednotky E85 měřil závislost výstupního signálu na vstupním generovaném signálu. Pro napájení přídavné jednotky byl použit laboratorní zdroj s nastaveným napětím 14 V. Na vstupní svorky přídavné řídicí jednotky byl připojen generátor signálů s nastaveným stejnosměrným obdélníkovým signálem a amplitudou 5 V.



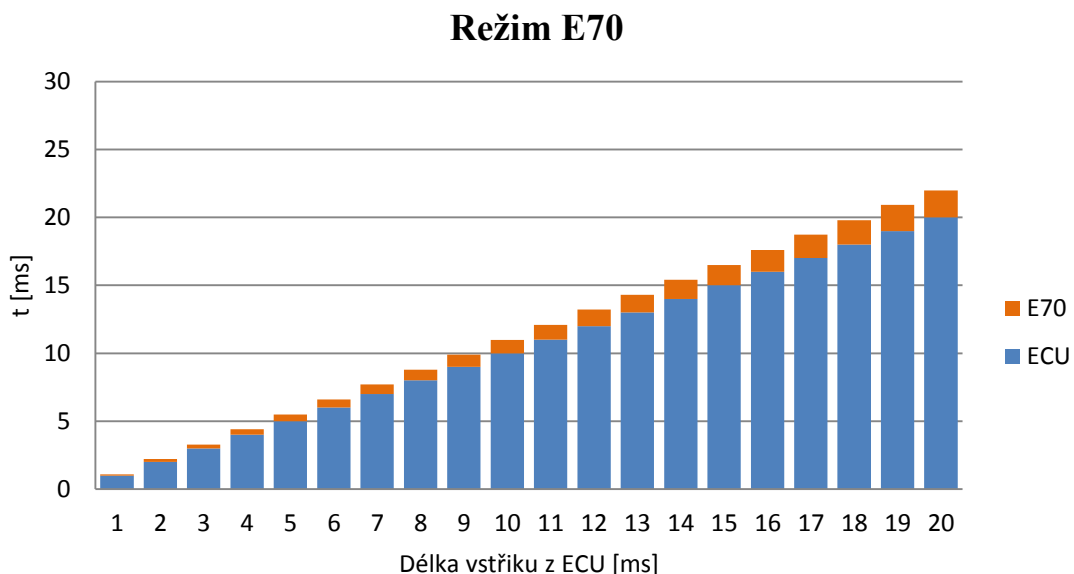
Obrázek 12 Měření parametrů přídavné jednotky E85



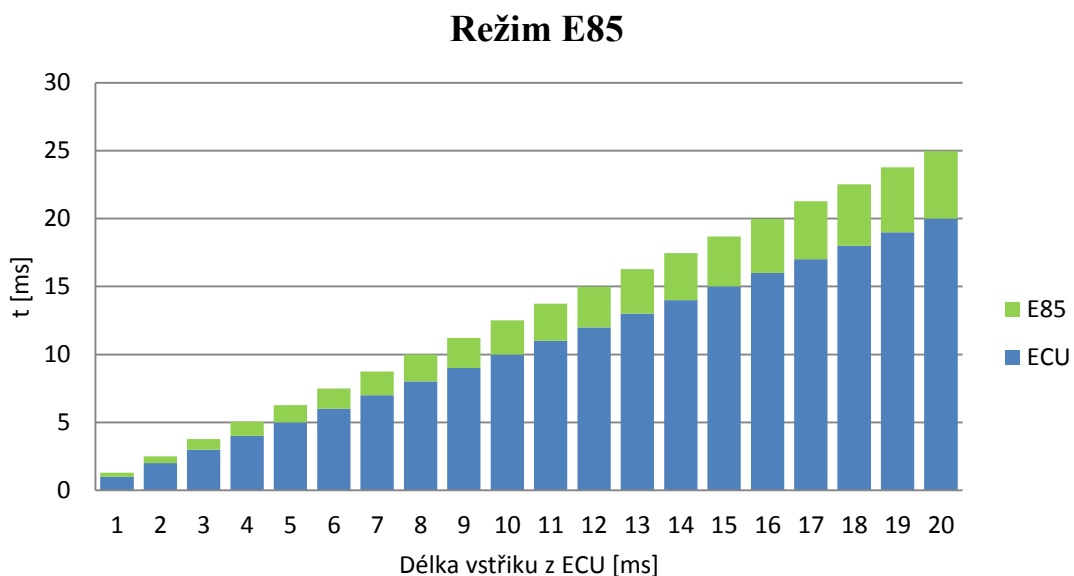
Obrázek 13 Průběh vstupního a výstupního napětí jednotky E85

Postupně jsem měřil vstupní a výstupní signál s rozsahem od 1 ms do 20 ms šířky pulzu (1 kHz – 50 Hz) na vstupu a krokem 1ms. Přídavná jednotka byla v režimu E70, a poté E80.

Následující grafy jsou sestaveny z naměřených hodnot pro režimy E 70 – zimní směs a E85 letní směs. Na grafech lze vidět lineární průběh což znamená, že přídavná jednotka přičte k základnímu času z ECU procentuálně čas (prodloužení délky vstříku).

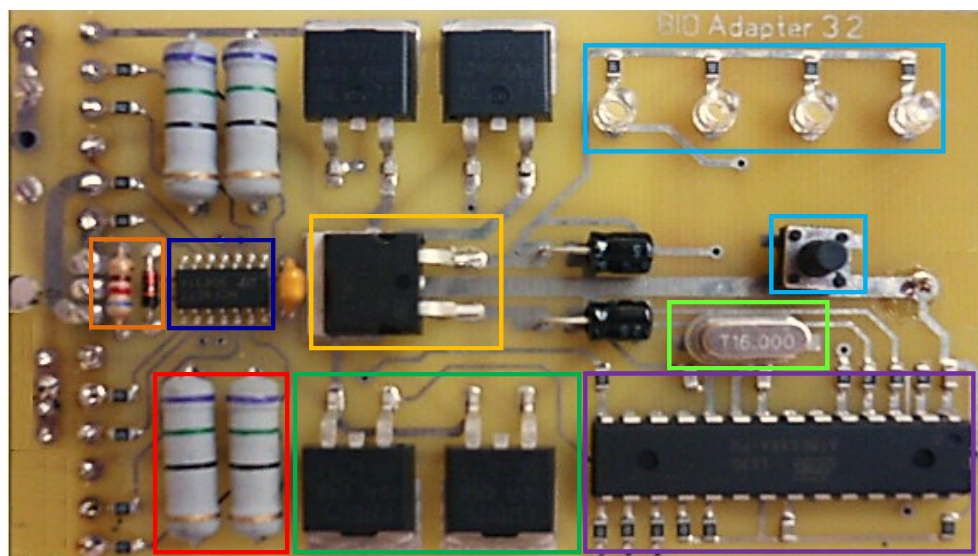


Graf 9 Závislost vstupního a výstupního signálu - režim E70 (+ 9 %)



Graf 10 Závislost vstupního a výstupního signálu - režim E85 (+ 20 %)

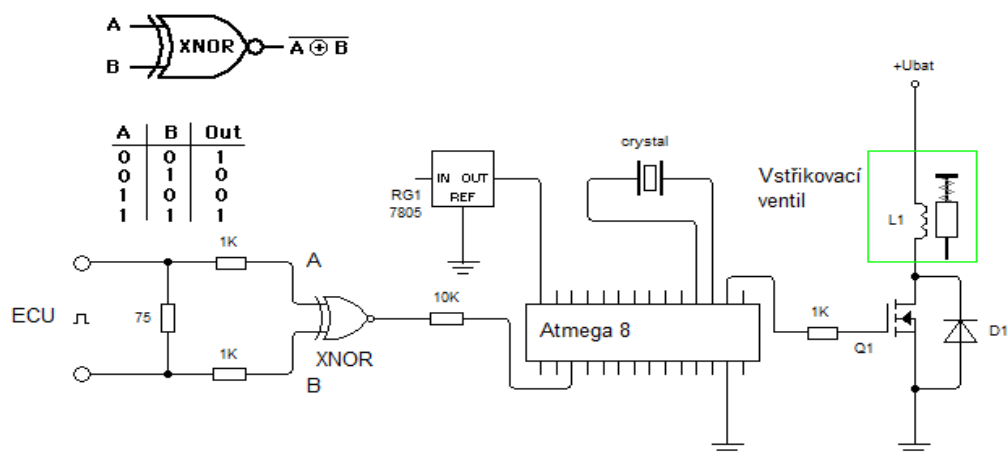
Přídavná jednotka se skládá ze vstupního, logického, řídicího a výstupního obvodu.



Obrázek 14 Příklad plošného spoje přídavné jednotky E85

Popis jednotky:

- odporová zátěž $75\ \Omega$ na vstupu od ECU (náhrada vstřikovacích ventilů)
- mikroprocesor Atmega 8 A pro snímání vstupních signálů z ECU a ovládání koncových výkonových spínačů
- spínač a signalizační led diody pro volbu režimu (BA, E70, E85, AUTO)
- koncový výstupní tranzistor (N - Mosfet)
- regulátor napětí LM7805 pro napájení mikroprocesoru
- hradlo X-NOR, které umožňuje porovnat hodnoty dvou logických úrovní na vstupu, zda jsou stejné, nebo rozdílné
- parametrický stabilizátor
- krystal pro taktování procesoru



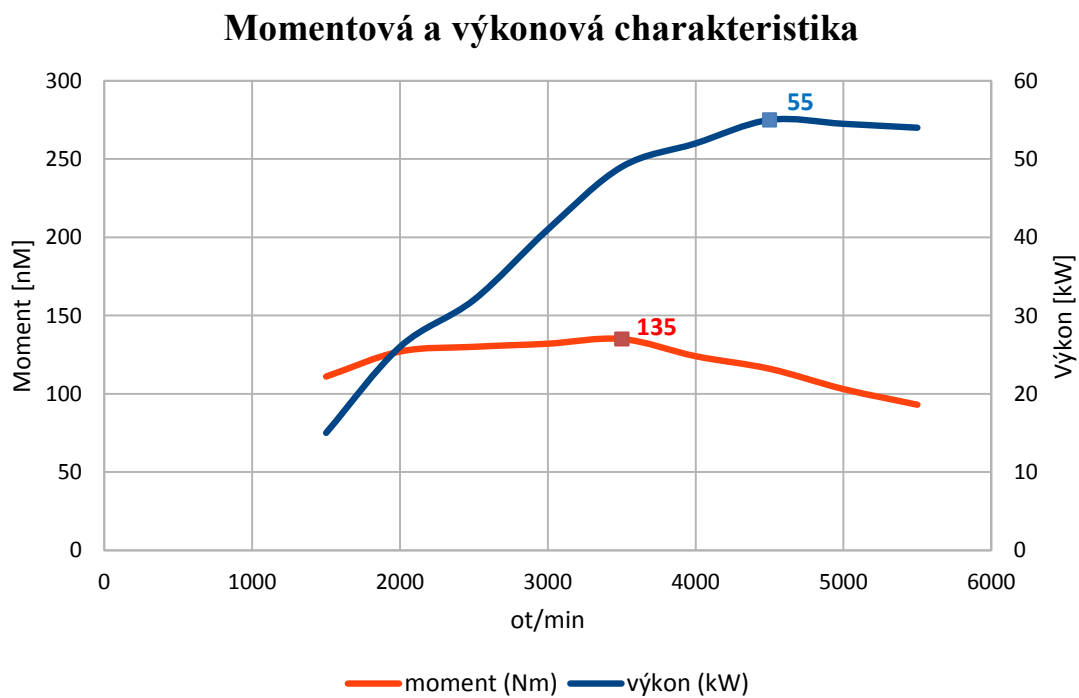
Obrázek 15 Principiální schéma ovládání jednoho vstřikovače

5.4 Instalace přídatné jednotky do vozidla

Pro přestavbu na palivo E85 jsem měl k dispozici vozidlo Škoda Felicia 1.6 MPI se zážehovým motorem a přídatnou jednotku s manuálním přepínáním BA/E85.

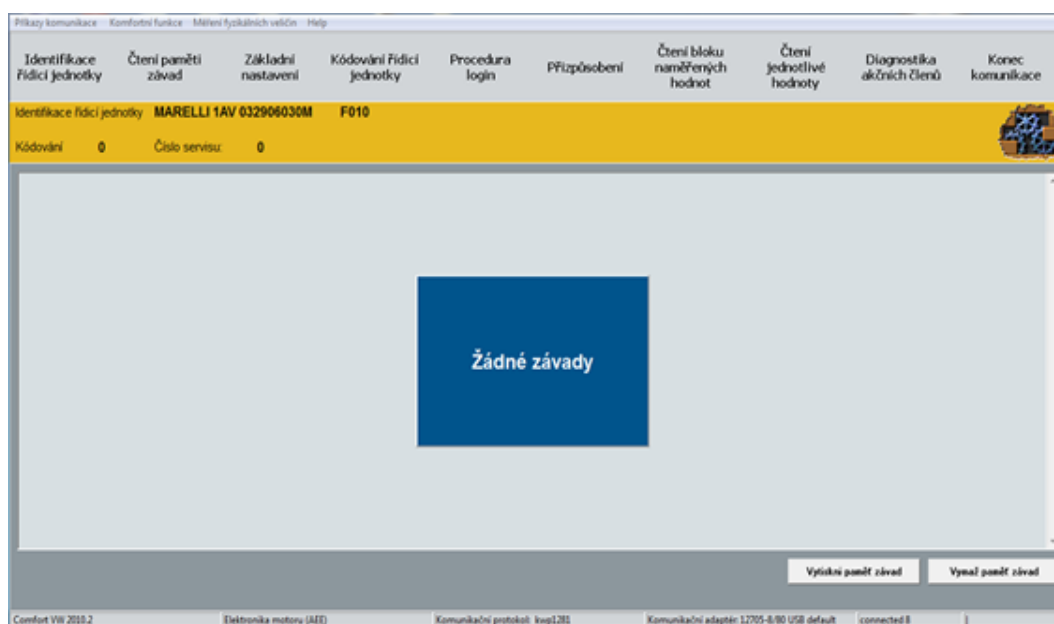
Parametr	Hodnota
Kód motoru	AEE
Konstrukce	4 válce v řadě
Obsah	1598 cm ³
Vrtání	76,5 mm
Zdvih	86,9 mm
Kompresní poměr	10,0:1
Max. výkon	55 kW při 4500 min ⁻¹
Max. krouticí moment	135 Nm při 3500 min ⁻¹
ECU	Magneti Marelli
Palivo	BA 95
Emisní norma	EURO 2

Tabulka 4 Hodnoty testovaného vozidla



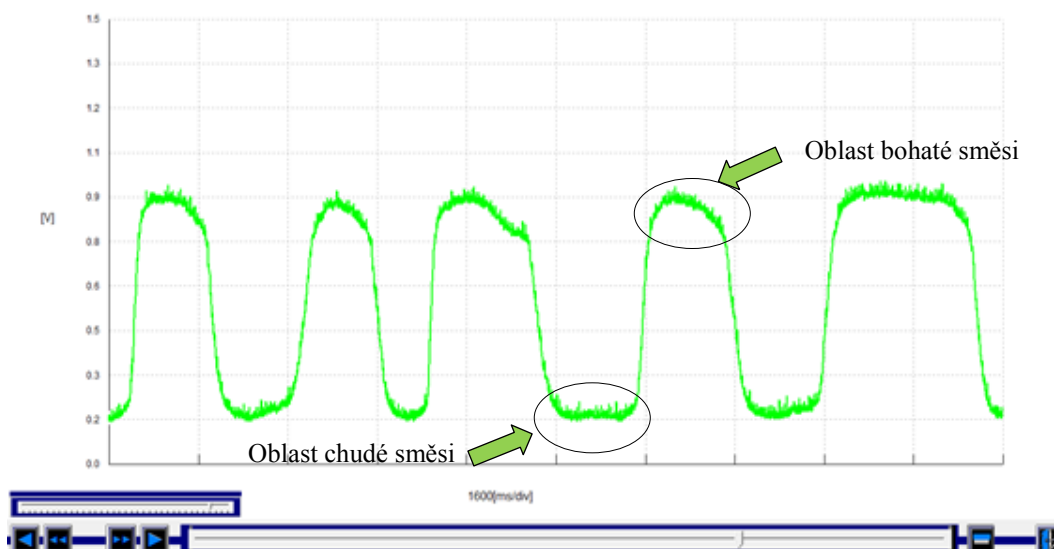
Graf 11 Momentová a výkonová charakteristika Škoda Felicia 1.6 MPI

Před vlastní montáží přídatné jednotky do vozidla bylo nutné provést sériovou diagnostiku (čtení paměti závad) ECU motoru diagnostickým přístrojem SuperVAG, aby se vyloučily závady v systému.

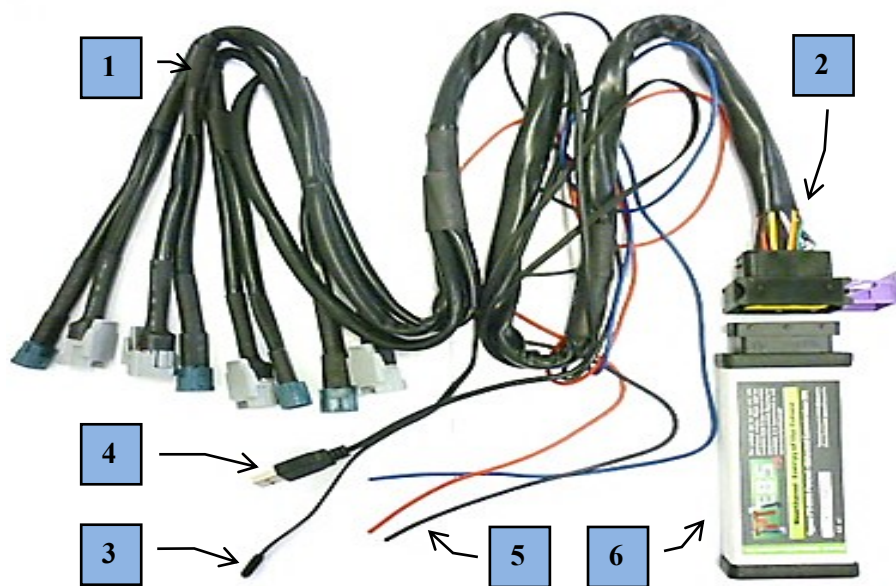


Obrázek 16 Výpis paměti závad pomocí sériové diagnostiky

Pomocí osciloskopu se měřila funkčnost a dynamika signálu lambda sondy. Na následujícím obrázku je zaznamenána správná funkce lambda regulace.



Obrázek 17 Signál z lambda sondy

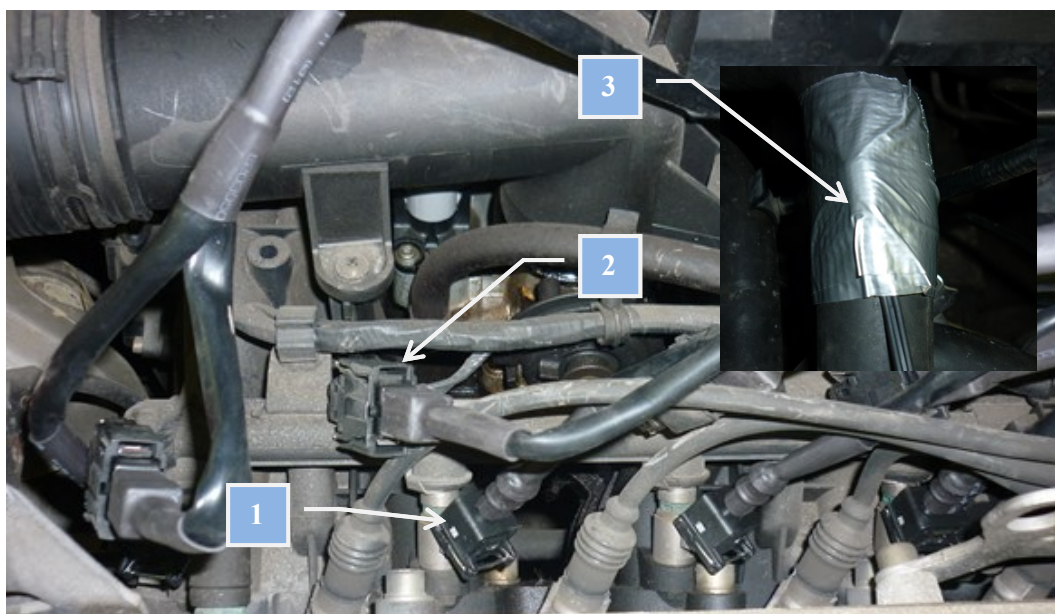


Obrázek 18 Montážní sada pro E85

Popis montované sady:

- | | |
|---------------------------------------|----------------------------------|
| 1. Propojovací vodiče ke vstříkovačům | 4. USB konektor k propojení s PC |
| 2. Konektor k jednotce | 5. Vodiče pro napájení |
| 3. Snímač teploty motoru | 6. Přídavná řídicí jednotka |

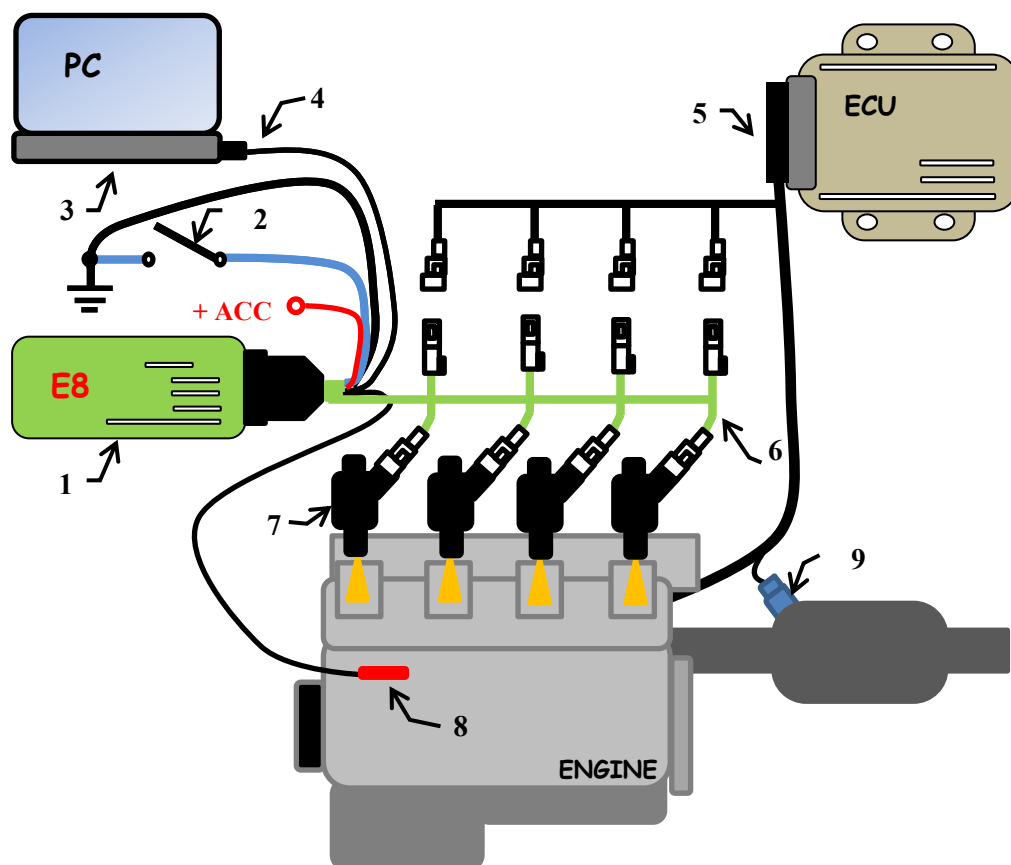
Originální konektory (1) ke vstříkovacím ventilům jsem rozpojil a zapojil přes redukce (2) přídavné jednotky viz následující obrázek.



Obrázek 19 Zapojení vstříkovacích ventilů

Přídavnou jednotku jsem umístil do motorového prostoru. Červený vodič jsem spojil se svorkou č. 15 (napájení + 12 V), černý vodič se svorkou č. 31 a modrý vodič přes vypínač (BA/E85) na svorku č. 31 (kostra vozidla) dle schématu výrobce.

Přídavný teplotní snímač jsem připevnil na hadici chladicí kapaliny (3) a zajistil termopáskou.



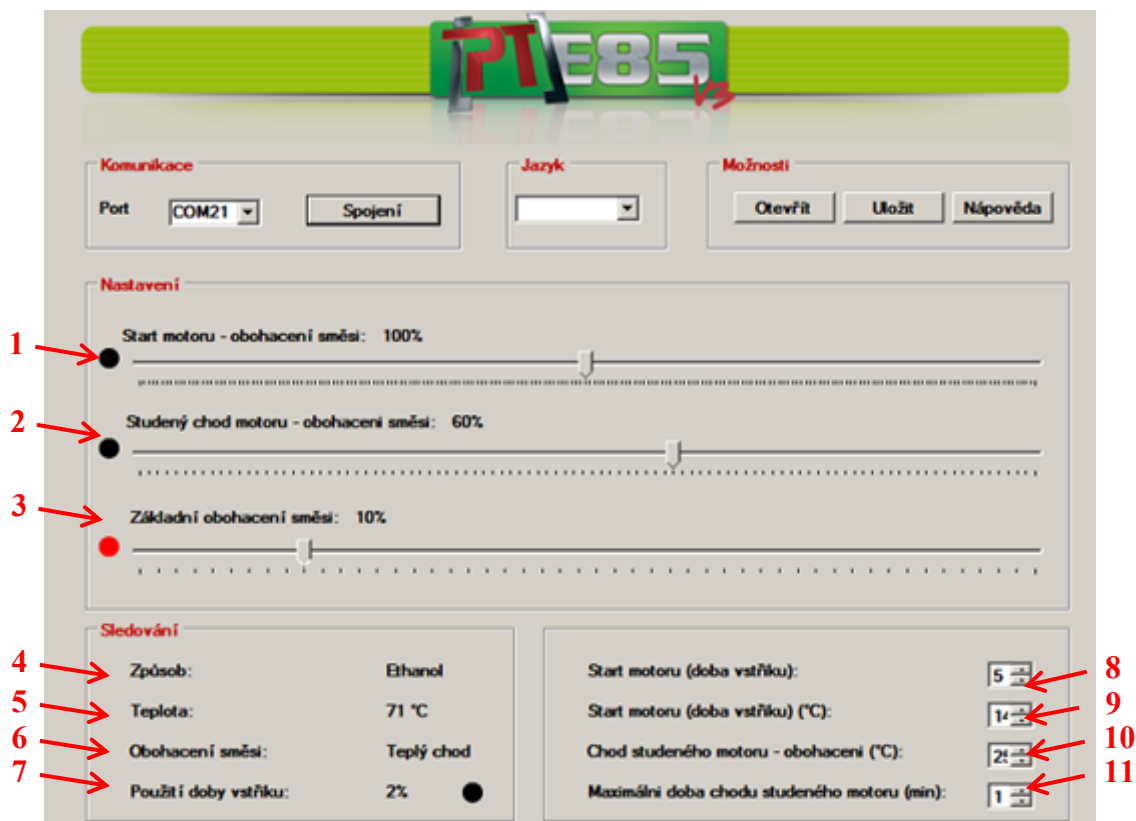
Obrázek 20 Zapojení přídavné jednotky na E85 s manuálním režimem

Popis obrázku:

- | | |
|--|-----------------------------------|
| 1. Přídavná jednotka E85 | 6. Redukce s konektory |
| 2. Spínač pro změnu režimu BA/E85 | 7. Vstřikovací ventily |
| 3. PC pro nastavení základních parametrů | 8. Přídavný snímač teploty motoru |
| 4. USB interface | 9. Lambda sonda |
| 5. Řídící jednotka motoru | |

5.5 Nastavení parametrů v přídavné jednotce

Po montáži přídavného zařízení na vozidlo jsem spojil přídavnou jednotku s počítačem přes USB. V prostředí programovacího rozhraní se upravuje obohacování směsi ve všech režimech motoru. Červená kontrolka vlevo od posuvníku ukazuje momentální režim.



Obrázek 21 Programovací rozhraní

Popis jednotlivých položek:

1. Start motoru – v této části se nastavuje procentuální množství vstřikovaného paliva pro start motoru. Doba startovací fáze se dá upravit funkcí „Start motoru (doba vstřiku)“ tato doba je nastavená počtem pulsů a zároveň musí být nastavený teplotní limit v položce „Start motoru (°C)“. Pokud je teplota motoru vyšší, přídavná jednotka přechází do dalšího režimu.

2. Studený chod motoru – v této části se nastavuje obohacení směsi při studeném motoru. Doba, při které jednotka v tomto režimu setrvává, je nastavena v položce „Chod studeného motoru (°C)“ a „Maximální doba chodu studeného motoru. Teplotu pro jednotlivé režimy jednotka získává s přídavného snímače teploty motoru.

3. Základní obohacení směsi – po přechodu jednotky do tohoto režimu nastane po dovršení teploty nebo době nastavené pro studený motor. V tomto režimu je nastavena bohatost směsi pro zahřátý motor.

4. Způsob – znázorňuje momentální režim, ve kterém se systém nachází (BA/E85). Tento stav je závislý na přepnutí doplňkového spínače.

5. Teplota - ukazuje teplotu, která je měřená pomocí doplňkového snímače teploty umístěného na motoru.

6. Obohacení směsi – znázorňuje, ve které fázi se systém nachází (např. teplý chod).

7. Použití doby vstřiku - znázorňuje procentuálně využití doby otevření vstřikovače. Pokud je číslo příliš vysoké, černý ukazatel zčervená. To znamená, že vstřikovač dosáhl svého limitu a nemůže vstřikovat větší množství paliva a systém dále obohacovat.

8. Start motoru (doba vstřiku) – zde se upravuje doba, po kterou sada pracuje ve startovací fázi, pokud je teplota pod limitem teploty startování motoru.

9. Start motoru (°C) – zde je možno upravit teplotní úroveň, ve kterém sada pracuje ve startovací fázi. Pokud je teplota nad touto úrovní, sada přejde do startovací fáze a začíná pracovat ve fázi chodu motoru za studena.

10. Chod studeného motoru – je hned po startovací fázi. Zde je možno upravit teplotní limit, pod kterým sada pracuje ve fázi chodu motoru za studena. Po překročení této teploty sada přejde do režimu teplého motoru. Nastavením příliš vysoké teploty by mohlo dojít k nadměrné spotřebě paliva.

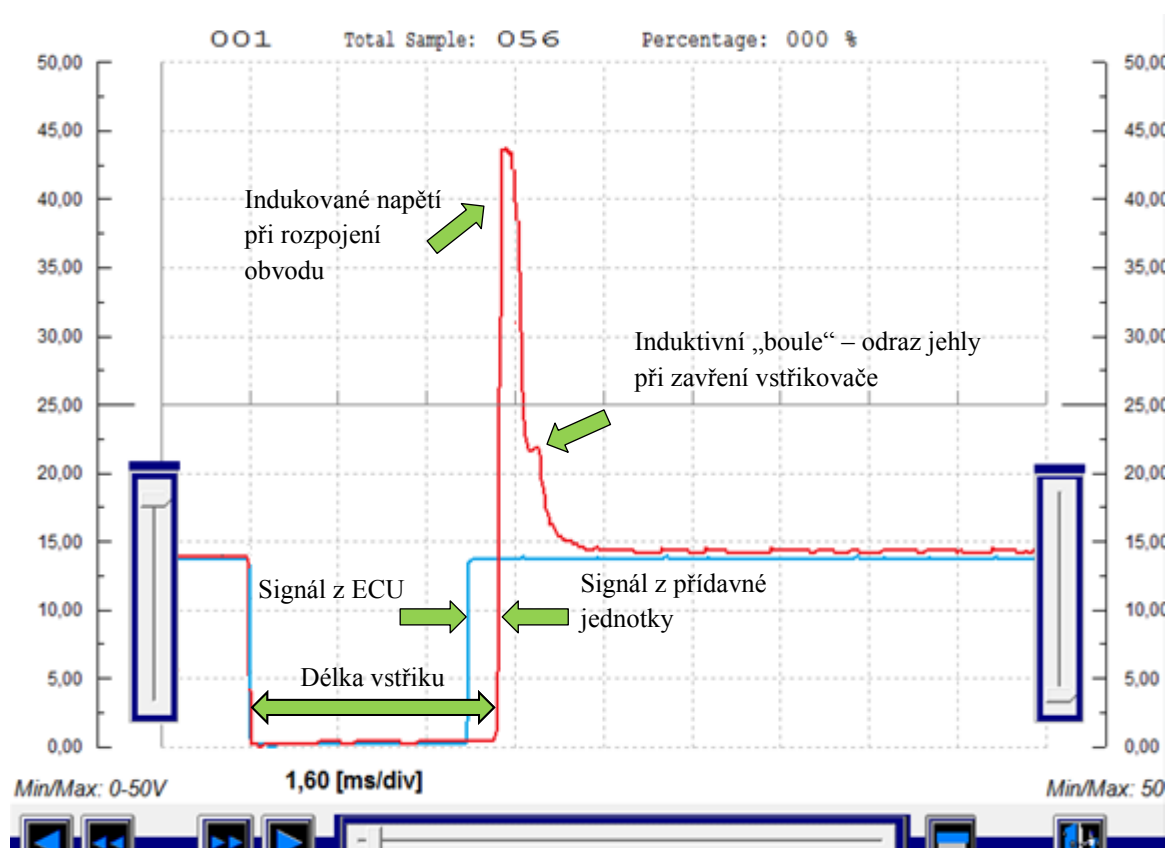
11. Maximální doba chodu studeného motoru – zde je možno nastavit maximální dobu, po kterou systém setrvá ve fázi chodu motoru za studena.

Sada pro úpravu musí být seřízená tak, aby v každém režimu motoru byl systém nastavený dle emisních limitů a lambda koeficientu, k tomu je nutné použití analyzátor výfukových plynů. [22]

5.6 Měření délky vstřikovaného paliva

Úprava signálu, pro ovládání vstřikovacího ventilu pomocí přídavné jednotky, spočívá v prodloužení doby, na kterou je ventil otevřený.

Při měření délky vstřiku byl první kanál osciloskopu připojen ke konektoru z řídicí jednotky motoru a druhý k výstupu z přídavné jednotky. Rozdíl mezi délkou vstřiku z ECU a délkou z přídavné jednotky je určen nastavením v programovacím rozhraní, což lze vidět na následujícím oscilogramu. Přídavná jednotka prodlužovala dobu vstřiku, oproti signálu z řídicí jednotky motoru, v celém rozsahu otáček konstantně.



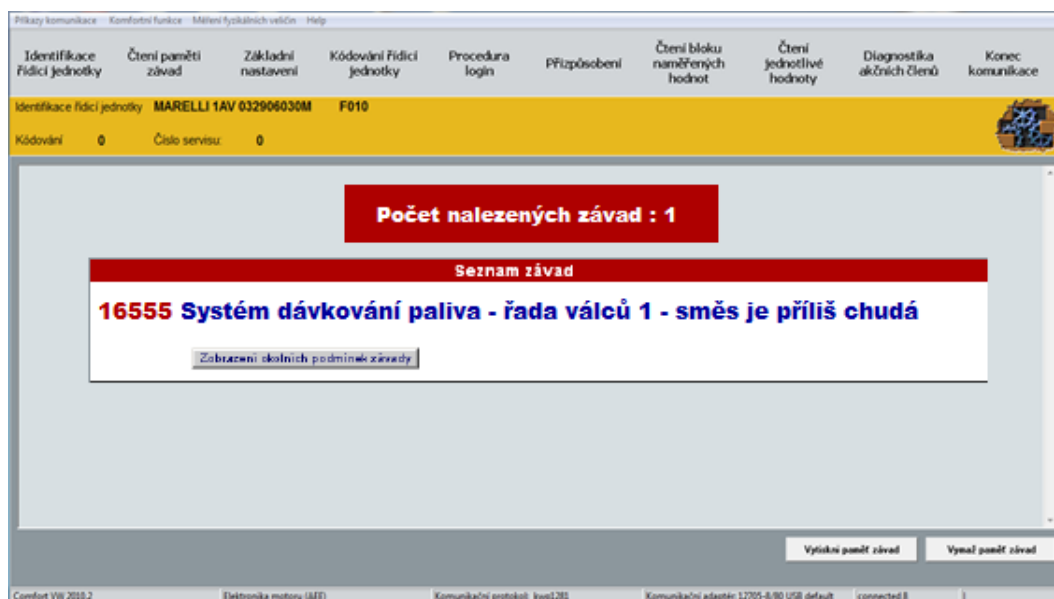
Obrázek 22 Porovnání signálu z ECU a signálu z přídavné jednotky při volnoběhu

5.7 Překročení meze regulace

V další části měření jsem testoval vozidlo na palivo E85 bez použití přídavné jednotky.

S namontovanou přídavnou jednotkou a palivem v nádrži E85 jsem systém přepnul do režimu pro spalování benzínu (ovládání pouze z ECU).

Během zkušební jízdy, při které bylo vozidlo zatěžováno (jízda do kopce) se po určitém čase na přístrojové desce rozsvítila kontrolka diagnostiky. Při následném propojení vozidla se sériovou diagnostikou (VAG - Com) se v paměti závad ECU motoru objevila přechodná závada 16555 – směs je příliš chudá.



Obrázek 23 Sériová diagnostika - čtení paměti závad

Tento stav nastal v důsledku překračování regulační meze lambda regulace. Systém řízení na palivo E85 reagoval prodlužováním délky vstřiku, ovšem z důvodu omezení délky vstřikovaného paliva (regulační mez je na maximu), lambda sonda ve výfukovém potrubí analyzovala stále chudou směs. Na přístrojové desce se vzhledem k vzniklé závadě rozsvítila kontrolka diagnostiky. V ECU motoru se uložila závada a systém přešel do takzvaného náhradního (nouzového) režimu. V tomto režimu ECU nastaví pevně (dle režimu motoru) délku vstřiku přímo z hodnot datového pole.

Po vymazání této přechodné závady z ECU motoru, nebo několika nových startech, je znovu aktivována lambda regulace do dalšího překročení regulační meze. Z testu vyplývá, že stávající systém lambda regulace není schopný vysokoprocentní palivo E85 spalovat korektně a systém pracuje, hlavně v zátěži, s velmi chudou směsí.

5.8 Měření emisí výfukových plynů

V měření emisí jsem srovnával paliva N95 a E85 pomocí analyzátoru výfukových plynů Bosch FSA 740 a válcové zkušebny PTC 300.

Po zahřátí motoru na provozní teplotu (olej: 80 °C) jsem upravoval otáčky motoru v rozmezí od 1000 do 5000 ot/min s krokem po 500 ot/min. Měření probíhalo na válcové zkušebně v zatížení, při tahové síle 1400 N. Z ustálených hodnot otáček byly z analyzátoru výfukových plynů odečteny hodnoty jednotlivých složek (CO, HC, CO₂, O₂ a λ), ze kterých jsou vytvořeny průběhy (graf 7 - 11).

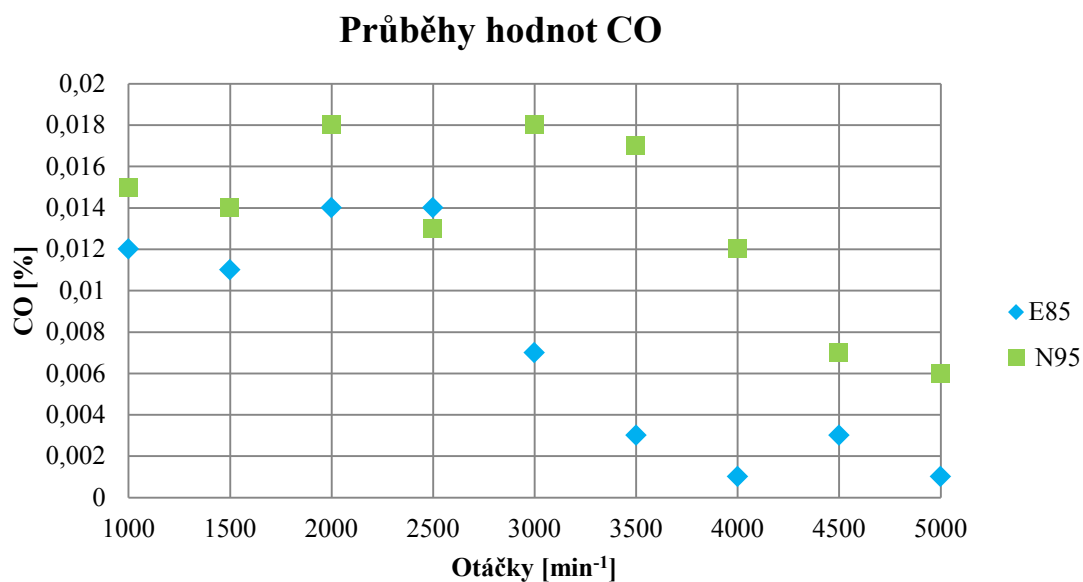


Obrázek 24 Analyzátor výfukových plynů Bosch FSA 740

Měřený parametr	Rozsah	Rozlišení
CO	0 – 10 % obj.	0,001 % obj.
CO ₂	0 – 18 % obj.	0,01 % obj.
HC	0 – 9999 ppm obj.	1,0 ppm obj.
O ₂	0 – 22 % obj.	0,01 % obj.
NO	0 – 5000 ppm obj.	1,0 ppm obj.
Lambda	0,5 – 9,999	0,001

Tabulka 5 Technická specifikace analyzátoru

Na následujícím grafu lze vidět menší obsah oxidu uhelnatého ve výfukových plynech u paliva E85 oproti N95. Tento rozdíl je dán převážně velkým podílem kyslíku v ethanolu (35 %).



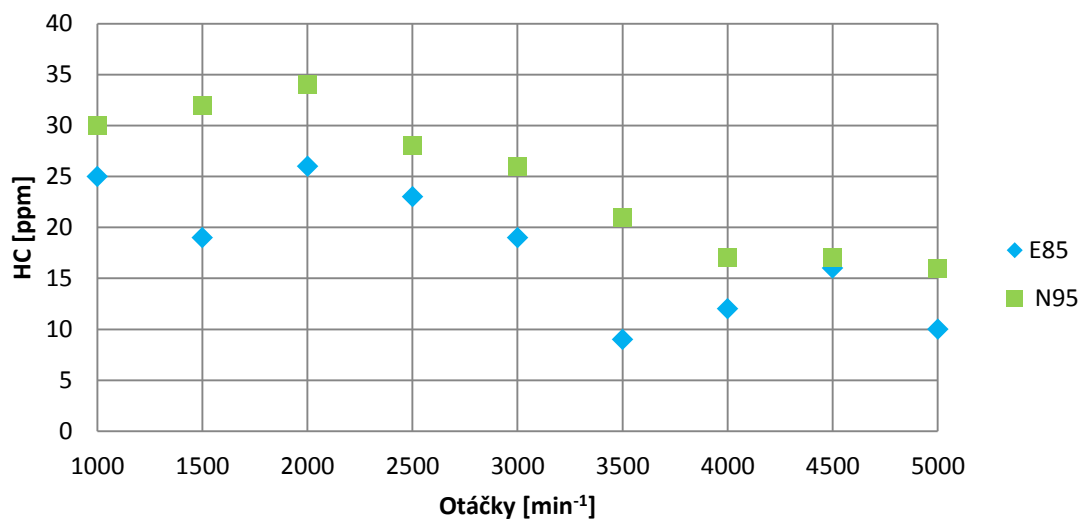
Graf 12 Porovnání průběhu CO ve výfukových plynech

Palivo	E85	N95
Otáčky [min ⁻¹]	CO [%]	
1000	0,012	0,015
1500	0,011	0,014
2000	0,014	0,018
2500	0,014	0,013
3000	0,007	0,018
3500	0,003	0,017
4000	0,001	0,012
4500	0,003	0,007
5000	0,001	0,006

Tabulka 6 Hodnoty obsahu CO ve výfukových plynech

Nižší hodnoty nespálených uhlovodíků u E85 oproti benzínu jsou dány lepším prohořením směsi ve spalovacím prostoru a tím dokonalejším spalováním.

Průběhy hodnot HC

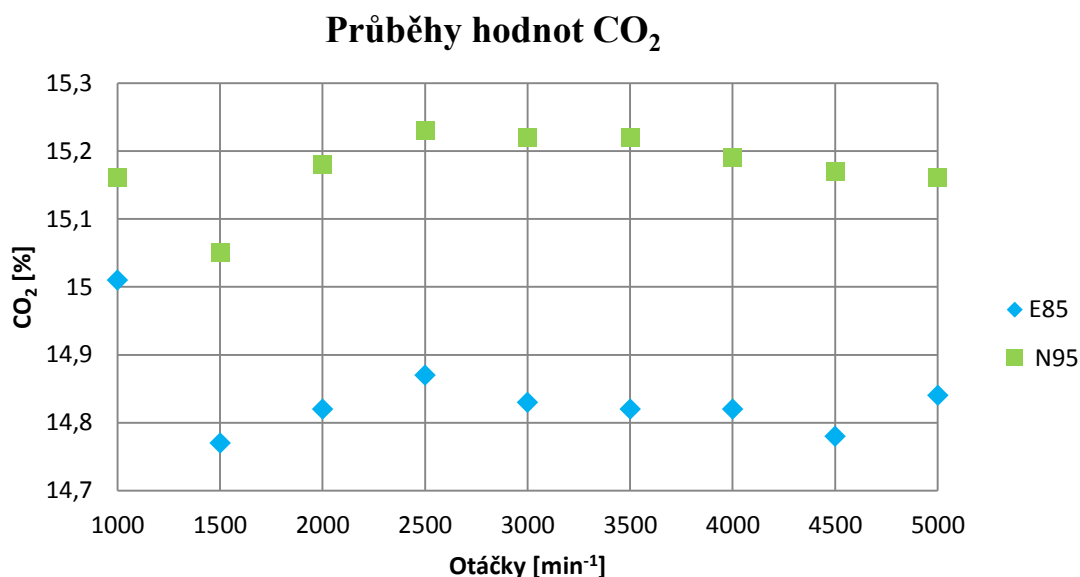


Graf 13 Porovnání průběhu HC ve výfukových plynech

Palivo	E85	Natural 95
Otáčky [min ⁻¹]	HC [ppm]	
1000	25	30
1500	19	32
2000	26	34
2500	23	28
3000	19	26
3500	9	21
4000	12	17
4500	16	17
5000	10	16

Tabulka 7 Hodnoty obsahu HC ve výfukových plynech

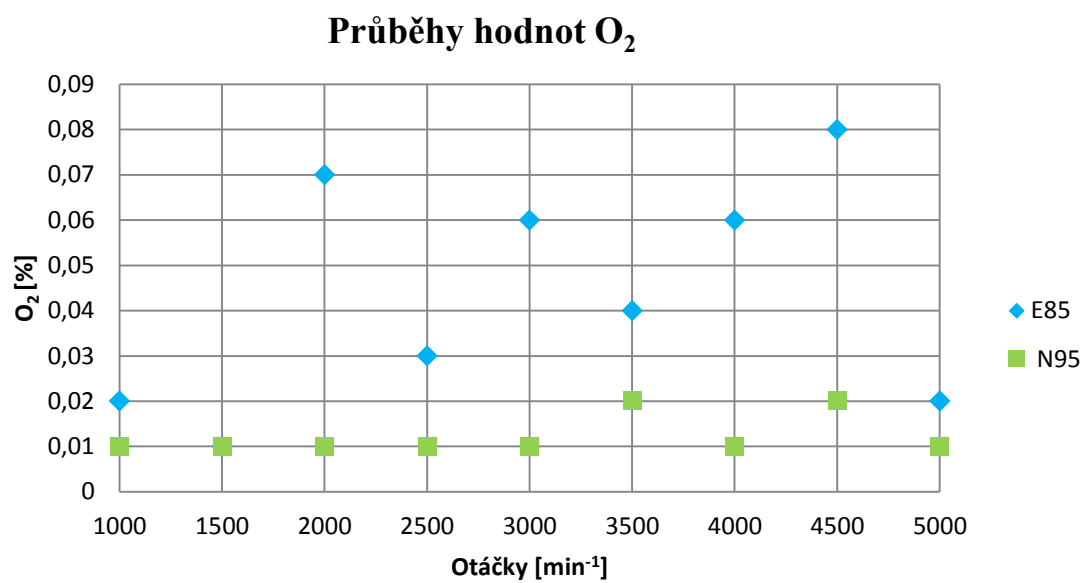
Obsah CO₂ je ukazatelem kvality spalovacího procesu. Ve výfukových plynech vzniká oxidací CO a HC. Při posuzování množství CO₂ u bioethanolu oproti fosilním palivům, je nutné brát v úvahu spotřeba tohoto plynu při fotosyntéze.



Graf 14 Porovnání průběhu CO₂ ve výfukových plynech

Palivo	E85	Natural 95
Otáčky [min ⁻¹]	CO ₂ [ppm]	
1000	15,01	15,16
1500	14,77	15,05
2000	14,82	15,18
2500	14,87	15,23
3000	14,83	15,22
3500	14,82	15,22
4000	14,82	15,19
4500	14,78	15,17
5000	14,84	15,16

Tabulka 8 Hodnoty obsahu CO₂ ve výfukových plynech

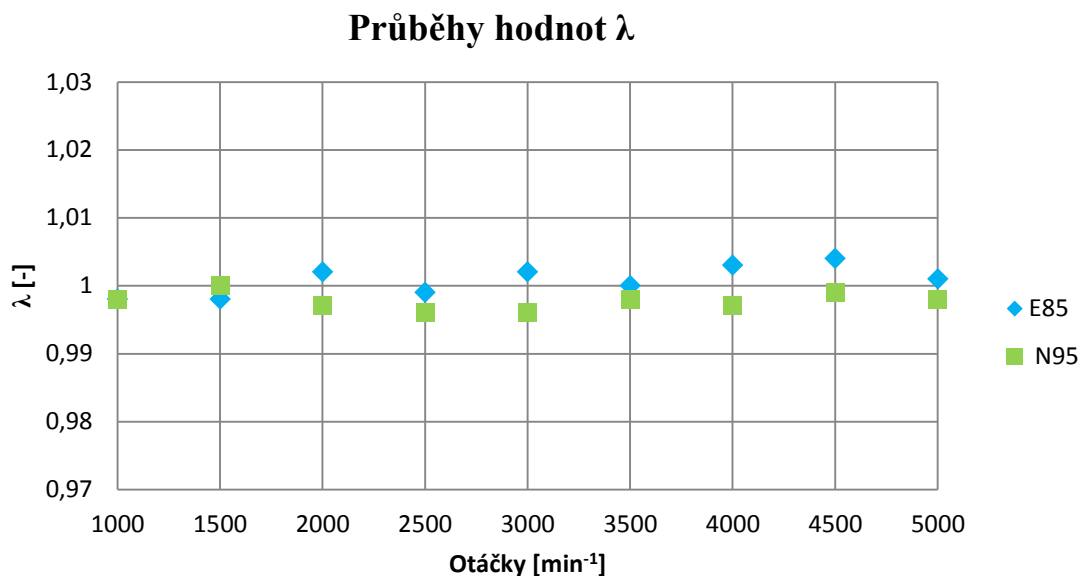


Graf 15 Porovnání průběhu O_2 ve výfukových plynech

Palivo	E85	Natural 95
Otáčky [min^{-1}]	O_2 [%]	
1000	0,02	0,01
1500	0,01	0,01
2000	0,07	0,01
2500	0,03	0,01
3000	0,06	0,01
3500	0,04	0,02
4000	0,06	0,01
4500	0,08	0,02
5000	0,02	0,01

Tabulka 9 Hodnoty obsahu O_2 ve výfukových plynech

Vzhledem ke správné funkci lambda regulace na měřeném vozidle, lze na grafu vidět, že koeficient λ se pohybuje kolem hodnoty 1 (stechiometrický poměr). Ethanol vykazuje mírně chudší směs vzhledem k vyššímu obsahu kyslíku.



Graf 16 Porovnání průběhů λ ve výfukových plynech

Palivo	E85	Natural 95
Otáčky [min ⁻¹]	λ [-]	
1000	0,998	0,998
1500	0,998	1
2000	1,002	0,997
2500	0,999	0,996
3000	1,002	0,996
3500	1	0,998
4000	1,003	0,997
4500	1,004	0,999
5000	1,001	0,998

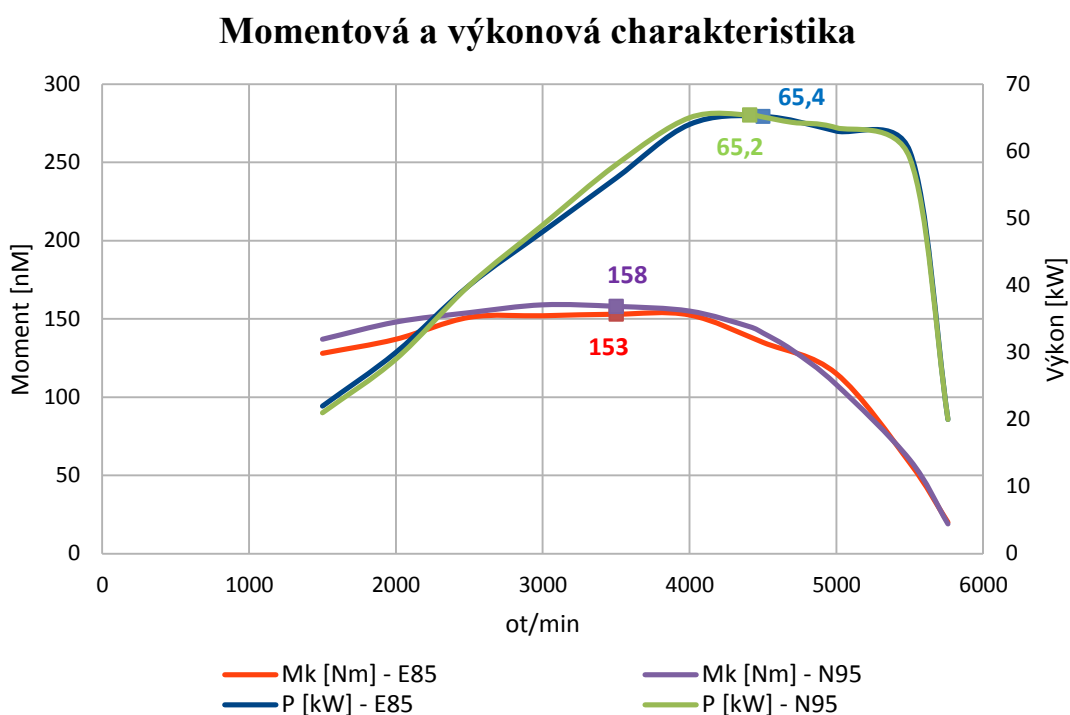
Tabulka 10 Hodnoty λ

5.9 Měření výkonu a krouticího momentu

Výkon motoru jsem měřil na válcové zkušebně PTC 300. Krouticí moment byl dopočítán a vykreslen pomocí softwaru TAT - DynoMight.

Palivo	E85	Natural 95
P_{jm}	-	55 kW
P_{mot}	65,2 kW	65,4 kW
n	4450 min ⁻¹	4410 min ⁻¹
v	122,5 km/h	121,5 km/h
P_{ztrat}	7 kW	8 kW
M_k	158 Nm	153 Nm

Tabulka 11 Naměřené hodnoty na válcové zkušebně PTC 300



Graf 17 Porovnání průběhů výkonu a krouticího momentu

Na grafu je vidět nepatrný rozdíl výkonu i krouticího momentu s použitím vybraných paliv E85 a N95. Tento rozdíl je daný poměrně malým kompresním poměrem měřeného motoru (10:1). Větší výkon, při použití paliva E85 i vzhledem k výparnému teplu, by se projevil u motorů s větším kompresním poměrem nebo s přeplňováním (turbodmychadlo, kompresor).

Vyšší oktanové číslo ethanolu umožňuje použít vyšší kompresní poměr (až 15:1), a tak dosáhnout vyšší účinnosti motoru.

Kompresní poměr je rozdíl mezi objemem nasáté směsi a stlačené směsi. U zážehových motorů se pohybuje od 8:1 do 13:1, u vznětových motorů 14:1 do 23:1.

Speciál90 (91)	pro kompresní poměry asi do 8,5:1
N95	pro kompresní poměry nad 8,5:1
N98	pro motory s vysokými kompresními poměry nad 10,5:1
E85	pro motory s vysokými kompresními poměry (> 12:1)

Kompresní poměr:

$$\varepsilon_K = \frac{V_K + V_Z}{V_K} \quad V_K - \text{objem kompresního prostoru}, \quad V_Z - \text{zdvihový objem}$$

Efektivní výkon motoru:

$$P_e = M_k \cdot \omega = 2\pi \cdot n \cdot M_k \quad [\text{W}, \text{s}^{-1}, \text{min}^{-1}, \text{Nm}]$$

Kroutící moment:

$$M_k = F \cdot R \quad [\text{Nm}, \text{N}, \text{m}] \quad \text{popř.} \quad M_k = I \cdot \varepsilon \quad [\text{Nm}, \text{kg} \cdot \text{m}^2, \text{s}^{-2}]$$



Obrázek 25 Měřené vozidlo na válcové zkušebně

6 Výhody a nevýhody E85

6.1 Výhody

- při spalování v motoru se vyznačuje menší produkcí škodlivých látek a CO₂,
- vysoké oktanové číslo (přibližně 105), antidetonační vlastnost,
- možné použití pro zážehové motory s vyšším kompresním poměrem (až 15:1),
- za určitých podmínek dochází ke zvýšení výkonu,
- dobrá mísitelnost s benzínem v různém poměru,
- vysoké výparné teplo ethanolu snižuje teplotu palivové směsi a spalovacího prostoru,
- spalovací proces je u ethanolu oproti benzínu rychlejší a tím má účinnější vývin točivého momentu,
- menší tvorba usazenin,
- jednotná palivová nádrž pro E85 a benzín,
- osvobození od spotřební daně.

6.2 Nevýhody

- nižší výhřevnost ethanolu (26,8 MJ/kg) oproti benzínu (34,8 MJ/kg) - vyšší spotřeba, vozidlo se standardní nádrží bude mít menší dojezd,
- nižší mazací vlastnosti,
- vyšší zápalná teplota ethanolu (425 °C) oproti benzínu (200 °C) - při nízkých teplotách může vzniknout problém s delším startem motoru,
- nemůže být v čisté formě používán v nemodifikovaných motorech,
- má schopnost vázat vodu (koroze), která se odpaří při spalování,
- rozpouští usazeniny vzniklé předešlým užíváním benzínu, což může mít za následek ucpávání palivového filtru,
- vyšší produkce aldehydů - možné snížit použitím oxidačního katalyzátoru,
- reakce na některé plasty a pryže ovšem v posledních přibližně 15 letech se v motorech používají materiály, které jsou proti negativním účinkům biolihu odolné.

ZÁVĚR

Cílem diplomové práce byla analýza systémů pro úpravu dávkování paliva E85.

V úvodní části jsem se podrobněji zaměřil na vývoj, výrobu, možnosti a vlastnosti, které toto alternativní palivo poskytuje vzhledem k použití ve spalovacích motorech.

Hlavní částí práce bylo praktické zapojení přídavné jednotky do vozidla a porovnání paliva E85 a N95 vzhledem k emisím a výkonu. Největší rozdíl mezi palivem E85 a N95 se projevil při analýze složek výfukových plynů vozidla. Souhrnně lze říci, že motor měl dokonalejší průběh spalování při provozu na ethanol vzhledem k vlastnostem tohoto paliva. Výsledné složení emisí působí ve většině sledovaných hodnot ve prospěch paliva E85. Změny točivého momentu a výkonu testovaného motoru se při použití paliva E85 oproti N95 nijak zásadně neprojevily, ovšem využití potenciálu paliva E85 výrazně závisí na konstrukci motoru, regulačním rozsahu akčních členů a měřicím rozsahu snímačů.

Hlavní otázkou zůstává, jaký vliv bude mít palivo E85 na komponenty spalovacího motoru a palivovou soustavu vozidla při jeho dlouhodobém používání vzhledem k jeho vazbě s vodou a mazacím schopnostem. Obsah vody v ethanolu ovšem záleží také na kvalitě tankovaného paliva.

Celková spotřeba paliv v autodopravě je tak vysoká, že výroba E85 toto množství nepokryje. Nyní lze chápat toto palivo jako doplněk k fosilním palivům a jeho hlavní význam je ve snížení produkce CO₂.

Doporučuji palivo E85 použít u vozidel (FFV), které jsou přímo výrobcem určené pro spalování tohoto paliva. Náhradním řešením je dodatečná montáž přídavné jednotky různých výrobců. Tyto jednotky musí být schválené pro provoz a zapsané v technickém průkazu vozidla.

Vzhledem ke krátkodobému používání tohoto lihového paliva na trhu a jeho vlivu na komponenty u přestavěného vozidla nelze zatím udělat konkrétní závěry.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ

- [1] Ferenc Bohumil. Spalovací motory nakl. CP Books 2004 ISBN 8025102076
- [2] VLK, F.: Elektronické systémy motorových vozidel 1, 2. Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, Brno 2002, ISBN 80-238-7282-6
- [3] VLK, F.: Elektrická zařízení motorových vozidel. Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, Brno 2005, ISBN 80-239-3718-9
- [4] ŠTĚRBA, P.: Elektrotechnika a elektronika automobilů. Computer press, Praha, 2004
- [5] ERJAVEC, J.: Automotive Technology: A Systems Approach, 4th Edition, USA 2004, Thomson Learning, 1401 str., ISBN 1-4018-4831-1
- [6] RIBBENS, B., W.: Understanding Automotive Electronics, Sixth Edition, USA 2003, Elsevier Science, 480 str., ISBN 0-7506-7599-3
- [7] BOSCH technické brožury, žluté sešity 1996-2009
- [8] Biom [online].[cit. 2013-01-10]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz>>
- [9] TTD cukrovar [online].[cit. 2013-01-25]. Dostupné z WWW: <<http://www.cukrovarttd.cz/vyroba/zavody/agroetanol-ttd-lihovar-dobrovice>>
- [10] Fyzika 007 [online].[cit. 2013-04-11]. Dostupné z WWW: <https://sites.google.com/site/fyzika007/struktura-a-vlastnosti-latek/tepelne-motory>>
- [11] Petroleum [online].[cit. 2013-04-13]. Dostupné z WWW: <<http://www.petroleum.cz/upload/publikace/benzina.pdf>>
- [12] 3.fs.cvut [online].[cit. 2013-04-11]. Dostupné z WWW: <http://www3.fs.cvut.cz/web/fileadmin/documents/12241-BOZEK/publikace/2006/2006_102_01.pdf>
- [13] Finance [online].[cit. 2013-04-6]. Dostupné z WWW: <http://www.finance.cz/zpravy/finance/190093-ropa-nejdulezitejsi-komodita-soucasnosti>
- [14] Chemické listy [online].[cit. 2013-03-18]. Dostupné z WWW: <http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2010_08_784-790.pdf>
- [15] Autodiagnostika [online].[cit. 2013-03-12]. Dostupné z WWW: <<http://www.diagnostika-bosch.cz/katalog/katalog.pdf>>
- [16] Flexcar [online].[cit. 2013-03-22]. Dostupné z WWW: <<http://www.flexcar.cz>>
- [17] Bioethanole 85 [online].[cit. 2013-03-15]. Dostupné z WWW: <<http://www.bioethanole85.cz>>

- [18] Auto Lexicon [online].[cit. 2013-03-9]. Dostupné z WWW:
<<http://cs.autolexicon.net/articles/emisni-norma-euro>>
- [19] http://www.cukr-listy.cz/on_line/2011/PDF/357-360.pdf
- [20] Biopalivafrci [online].[cit. 2013-03-10]. Dostupné z WWW:
<<http://www.biopalivafrci.cz>>
- [21] Biopowers [online].[cit. 2013-04-11]. Dostupné z WWW:
<<http://www.biopowers.cz>>
- [22] Motorexpert [online].[cit. 2013-04-15]. Dostupné z WWW:
<<http://www.motorexpert.cz>>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Rozdělení alternativních paliv	11
Obrázek 2 Řasy z fotobioreaktoru pro pěstování řas	12
Obrázek 3 Molekula ethanolu	13
Obrázek 4 Molekula methanolu	13
Obrázek 5 Procesy při výrobě bioethanolu z obilovin	19
Obrázek 6 Volvo C30 1,8F Flexifuel systém – E85 [23]	29
Obrázek 7 Automatická jednotka - Biopowers E-motion	31
Obrázek 8 MEXET PT - E85 s USB rozhraním	31
Obrázek 9 Jednotka FLEXCAR s možností změny módu	32
Obrázek 10 Jednotka ELOTEC EC – 85 se snímačem paliva	32
Obrázek 11 Jednotka EUROPECON FLEX	32
Obrázek 12 Měření parametrů přídavné jednotky E85	33
Obrázek 13 Průběh vstupního a výstupního napětí jednotky E85	33
Obrázek 14 Příklad plošného spoje přídavné jednotky E85	35
Obrázek 15 Principiální schéma ovládání jednoho vstřikovače	35
Obrázek 16 Výpis paměti závad pomocí sériové diagnostiky	37
Obrázek 17 Signál z lambda sondy	37
Obrázek 18 Montážní sada pro E85	38
Obrázek 19 Zapojení vstřikovacích ventilů	38
Obrázek 20 Zapojení přídavné jednotky na E85 s manuálním režimem	39
Obrázek 21 Programovací rozhraní	40
Obrázek 22 Porovnání signálu z ECU a signálu z přídavné jednotky při volnoběhu	42
Obrázek 23 Sériová diagnostika - čtení paměti závad	43
Obrázek 24 Analyzátor výfukových plynů Bosch FSA 740	44
Obrázek 25 Měřené vozidlo na válcové zkušebně	51

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Porovnání vlastností různých paliv	15
Tabulka 2 Podíl alternativních paliv v zemích EU do roku 2020	22
Tabulka 3 Emisní normy	23
Tabulka 4 Hodnoty testovaného vozidla	36
Tabulka 5 Technická specifikace analyzátoru	44
Tabulka 6 Hodnoty obsahu CO ve výfukových plynech	45
Tabulka 7 Hodnoty obsahu HC ve výfukových plynech	46
Tabulka 8 Hodnoty obsahu CO ₂ ve výfukových plynech	47
Tabulka 9 Hodnoty obsahu O ₂ ve výfukových plynech	48
Tabulka 10 Hodnoty λ	49
Tabulka 11 Naměřené hodnoty na válcové zkušební PTC 300	50

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 Současný světový stav zásob ropy v miliardách barelů	10
Graf 2 Tlak par při různých koncentracích ethanolu	16
Graf 3 Výhřevnost vybraných paliv v MJ/kg	16
Graf 4 Celosvětová produkce bioethanolu na biopaliva v milionech litrů	20
Graf 5 Čtvrtletní výroba E85 v ČR.....	21
Graf 6 Počet čerpacích stanic s E85 v ČR	21
Graf 7 Složky výfukových plynů zážehového motoru	24
Graf 8 Složky výfukových plynů vznětového motoru.....	24
Graf 9 Závislost vstupního a výstupního signálu - režim E70 (+ 9 %)	34
Graf 10 Závislost vstupního a výstupního signálu - režim E85 (+ 20 %)	34
Graf 11 Momentová a výkonová charakteristika Škoda Felicia 1.6 MPI.....	36
Graf 12 Porovnání průběhu CO ve výfukových plynech	45
Graf 13 Porovnání průběhu HC ve výfukových plynech	46
Graf 14 Porovnání průběhu CO ₂ ve výfukových plynech	47
Graf 15 Porovnání průběhu O ₂ ve výfukových plynech	48
Graf 16 Porovnání průběhů λ ve výfukových plynech	49
Graf 17 Porovnání průběhů výkonu a krouticího momentu	50